

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže - 346



Statistické metody jako nástroj snižování podílu neshodných výrobků

Statistical Methods as a Means of Reducing the Proportion of Different Products

Student:

Bc. Václav Šlitr

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Šárka Tichá, Ph. D.

Ostrava 2009

Zadání diplomové práce list 1

Zadání diplomové práce list 2

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu

V Ostravě.....

.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb.-autorský zákon, zejména §35-užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60-školní dílo.
- беру на вѣдомі, же Высoкá школа бáньскá-Technická универзита Ostrava (дáле jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečné ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo-diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly na VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, же odevздáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledky její obhajoby.

V Ostravě.....

.....

Jméno studenta

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

ŠLITR, V. Statistické metody jako nástroj snižování podílu neshodných výrobků. Ostrava: katedra obrábění a montáže, Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 72 s. Diplomová práce, vedoucí: Tichá, Š.

Diplomová práce se zabývá využitím statistických metod při výrobě topné techniky. Nejdříve je představeno sedm základních statistických metod, které jsou nástrojem pro analyzování procesů. Následně je provedena analýza výrobních procesů a zaměření se na ty procesy, které nejvíce ovlivňují velikost podílu neshodné výroby. Pro tyto procesy byly navrženy nápravné opatření.

Závěr práce se zabývá zhodnocením přijatých kroků, porovnáním procesů před změnou a po změně. Byla přijata systémová opatření, jako zavedení kontrolního plánu, vydání interních předpisů a lepší specifikace práce vstupní a výrobní kontroly, proškolení operátorů.

ŠLITR, V. Statistical Methods as a Means of Reducing the Proportion of Different Products. Ostrava: Department of Machining and Assembly, Faculty of Mechanical Engineering VŠB-Technical University of Ostrava, 74 p. Thesis, head: Tichá, Š.

Thesis is deal with using statistic methods during the production of heat engineering. At the begining is describe seven basic statictic methods which are the tools for analysing of processes. After that is made analyse of production processes and focus on processes which most affect cost of poor quality. For these processes was proposed preventive actions.

Conclusion of thesis deal evaluation of made accepted steps, compare od processes before and after change. It was accepted systematic actions, implementation of control plan, releasing of internal instruction and better specification of work in input and production inspection departement and traning of operators.

Obsah diplomové práce

Seznam použitého značení.....	9
1 Úvod.....	10
1.1 Představení společnosti.....	10
1.2 Cíl práce.....	11
2 Nástroje řízení kvality.....	12
2.1 Tabulky a formuláře pro sběr informací.....	12
2.2 Vývojové diagramy.....	13
2.3 Histogramy.....	15
2.4 Diagram příčin a následků.....	16
2.5 Paretova analýza.....	17
2.6 Bodové diagramy.....	18
2.7 Regulační diagramy.....	18
3 Analýza stávajícího stavu výrobních procesů.....	20
3.1. Kritické procesy na výrobní jednotce „Cu program“.....	22
3.1.1 Proces výroby výměníků.....	23
3.1.2 Proces výroby kolena.....	25
3.2 Kritické procesy na výrobní jednotce „Montáž“.....	27
3.2.1 Vady lakovaných dílců.....	29
3.2.2 Vady u armatury Mertik.....	30
4 Řešení nápravných opatření na výrobní jednotce „Cu program“.....	33
4.1 Nápravné opatření pro proces pájení výměníků.....	33
4.1.1 Diagram příčin a následků-pájení výměníků.....	37
4.1.2 Kontrolní plán.....	45
4.1.3 Formulář pro sběr informací.....	46
4.2 Nápravné opatření pro deformace výměníků.....	46
4.3 Nápravné opatření pro výrobu kolena – slabší tloušťka trubky.....	47
4.4 Nápravné opatření pro deformace kolena.....	47
5 Řešení nápravných opatření na výrobní jednotce „Montáž“.....	48
5.1 Nápravné opatření pro neshody u lakovaných dílců.....	48
5.2 Nápravné opatření pro armaturu Mertik.....	52

6 Ověření vhodnosti nápravných opatření.....	53
6.1 Velikost počtu neshodné výroby po přijetí nápravných opatření.....	53
6.2 Regulační diagram po přijetí nápravných opatření	55
6.3 Úspory po přijetí nápravných opatření.....	59
6.4 Závěrečné zhodnocení.....	59
7 Závěr	60
8 Seznam použitých pramenů.....	62
9 Přílohy.....	63
Příloha č. 1.....	64
Příloha č. 2.....	65
Příloha č. 3.....	67
Příloha č. 4.....	68
Příloha č. 5.....	72

Seznam použitého značení

CL	centrální přímk diagramu	[-]
LCL	dolní regulační mez	[-]
T	teplota	[°C]
UCL	horní regulační mez	[-]
V	objem	[m ³]
l	délka	[mm]
n _j	rozsah j-té podskupiny	[-]
p	tlak	[MPa]
t	čas	[min,hodin]
v	rychlost	[m/min]
x _j	hodnota znaku jakosti v j-té podskupině	[-]
\bar{n}	aritmetický průměr rozsahů podskupin	[-]
v	mezní hodnota zamaštění	[g/m ²]

Seznam zkratek

COPQ	Cost of Poor Quality – velikost podílu neshodné výroby
OŘK	Oddělení řízení kvality
NO	Nápravná opatření

1 Úvod

1.1 Představení společnosti

Svoji diplomovou práci jsem se rozhodl praktikovat ve společnosti MORA – TOP s.r.o. Současný trend nutí všechny společnosti, MORA – TOP s.r.o. nevyjímaje, pracovat efektivně, neustále zlepšovat interní a externí procesy, snižovat náklady, které jsou spojeny s neshodnými výrobky a s neshodami obecně.

Společnost MORA – TOP s.r.o. Uničov datuje počátky své existence do roku 1884, kdy bratři Gregorovi požádali o povolení výstavby mechanické tkalcovny a barvírny příze ve Šternberku. V období 2. světové války byla ve větší části závodu vojenská výroba berlínské firmy Thein Metal Borsig, která vyráběla součásti k leteckým motorům.

Krátce po válce byl závod předán do národní správy, závod se specializoval na výrobu šicích strojů, v roce 1953 byla výroba přesunuta do Boskovic a šternberský závod byl včleněn od 1. ledna 1953 do svazku závodů podniku MORAVIA Mariánské Údolí. Po začlenění do MORAVIE se v závodě zavádí výroba termoelektrických pojistek pro plynové spotřebiče a výroba termostatů. V 60. letech se závod specializuje na výrobu termoelektrických pojistek a jako doplňkový výrobní program je výroba a montáž armatur pro plynové průtokové ohřívače vody, od roku 1978 se montují části plynových sporáků. V roce 1994 dochází k transformaci podniku na akciovou společnost Mora Moravia, 1. 1. 2001 je vytvořena samostatná dceřiná společnost MORA – TOP s.r.o. V roce 2003 společnost získává současný vlastník a v roce 2005 se firma přestěhovala do nově vybudovaných prostor, které se nachází v Uničově.

Společnost MORA – TOP s.r.o. se v současné době zabývá výrobou měděných výměníků a trubek, montáží plynových kotlů, elektrických kotlů a plynových průtokových ohřívačů vody. Od června 2008 je držitelem certifikátu EN ISO 9001:2000.

1.2 Cíl práce

Hlavním cílem diplomové práce je zmapovat výrobní proces topné techniky z pohledu velikosti počtu neshod výroby a využít statistické metody na jejich snížení. K tomuto účelu jsem využil data získaná OŘK¹.

Pro dosažení cíle této diplomové práce bylo nutné provést:

- analýzu stávajícího stavu a popsání procesů
- s využitím statistických metod nalézt procesy, které nejvíce ovlivňují velikost neshod v produkci
- návrh nápravných opatření (dále jen NO²)
- ověření návrhu včetně vyhodnocení
- technické a ekonomické zhodnocení

¹ OŘK – Oddělení řízení kvality

² NO – Nápravná opatření

2 Nástroje řízení kvality

K tomu, abychom mohli posoudit stabilitu výrobního procesu, zda je proces ovlivňován pouze vlivy náhodného charakteru, nebo jestli na proces působí další nepříznivé vlivy, používáme statistické metody. Obvykle pomáhají soustředit potřebné informace, uspořádat je do logických souvislostí, seřadit od obecných ke konkrétním a hledat mezi nimi vztah. Výsledkem je předložení informací k další analýze nebo k přímému rozhodnutí.

Základním skupinou je používání 7 nástrojů řízení kvality. Jedná se o jednoduché postupy, které původně používali pracovníci v japonských továrnách při zkoumání problémů. Tyto nástroje se osvědčili nejen ve výrobě, ale i při hledání souvislostí, stanovení jednotlivých priorit a k hledání možného zlepšení.³ Účinnost všech 7 nástrojů je velmi vysoká. K základním nástrojům řízení kvality patří:

- tabulky a formuláře pro sběr informací
- vývojové diagramy
- histogramy
- diagramy příčin a následků
- Paretova analýza
- bodové diagramy
- regulační diagramy

2.1 Tabulky a formuláře pro sběr informací

Kontrolní tabulky a formuláře jsou určeny k systematickému shromažďování dat, podchycení potřebných souvislostí a v možnosti plynule zachycovat nové údaje o sledované oblasti.⁴ Zachycují potřebné informace (číselné i nečíselné), s nimiž se pak dále pracuje. Každá tabulka nebo formulář slouží vždy ke konkrétnímu účelu, jemuž je jejich konstrukce podřízena. Zpravidla proto nenajdeme standardizovanou šablonu. Mezi nezbytné náležitosti, které kontrolní tabulka či formulář obsahují, patří:

³ srov. VEBER, J.a kol., Řízení jakosti a ochrana spotřebitele, s.145.

⁴ srov. VEBER, J.a kol., Řízení jakosti a ochrana spotřebitele, s.145.

- vlastní obsah – jaké informace zachycujeme,
- způsob zjišťovaných dat,
- uvedení pracovníka odpovědného za záznam údajů,
- časové údaje o záznamu,
- místo záznamu.

Při využití této metody je nutno se vyvarovat informací, které jsou neúplné, opožděné nebo zkreslené. Nejčastější oblastí použití této metody jsou vstupní, výrobní a výstupní kontrola kvality dílců, analýza strojů a zařízení, analýza technologického procesu, analýza neshodných jednotek a pro záznam vstupních údajů a výpočet základních charakteristik pro regulační diagramy.

2.2 Vývojové diagramy

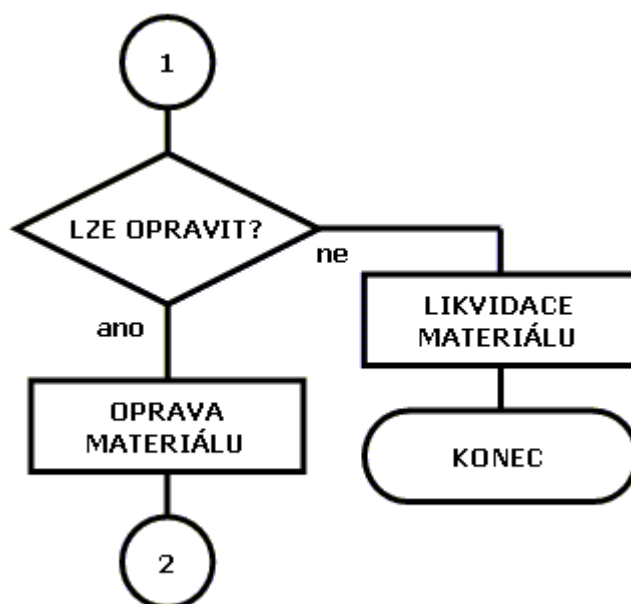
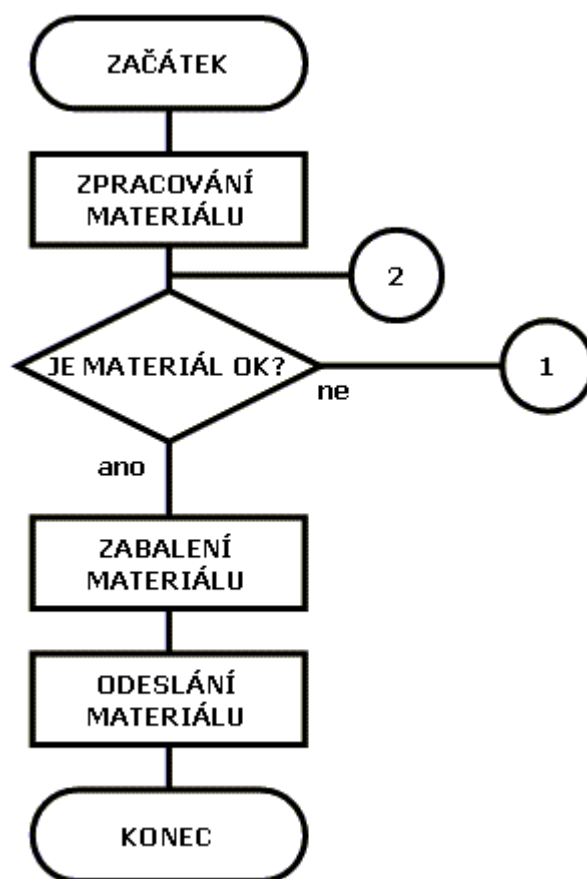
Současné procesy jsou velmi často složité. Jednotlivé činnosti mohou probíhat jak paralelně, tak následně, ve výjimečných případech hrají roli různá větvení, zpětné vazby, rozdílné požadavky na vstupy a výstupy. K pochopení těchto složitých procesů se proto používají různá schémata, nejrozšířenější jsou vývojové diagramy.⁵ Příklad vývojového diagramu je znázorněn na **obr. 2.1**. Vývojový diagram je grafickým zobrazením posloupnosti a vzájemné návaznosti kroků procesu. Zároveň je cennou pomůckou pro jeho identifikaci a nalezení vazeb mezi jednotlivými dílčími kroky.

Vývojový diagram je vhodným nástrojem pro:

- analýzu procesu, jeho kroků,
- identifikaci míst, kde mohou vzniknout problémy s kvalitou,
- pro názorné zobrazení procesu.

Při sestavení vývojového grafu se používá symbolika dle ČSN EN ISO 5807.

⁵ srov. VEBER, J.a kol., Řízení jakosti a ochrana spotřebitele, s.146.



Obr. 2.1 - Vývojový diagram

2.3 Histogramy

Histogram převádí do srozumitelné formy nepřehledné tabulky rozsáhlých číselných hodnot o jedné veličině, která vykazuje variabilitu v důsledku působení rušivých vlivů. Kdybychom chtěli posoudit rozsáhlejší soubor o velkém počtu měření, bylo by stanovení charakteristik velmi zdlouhavé. Navíc nemůžeme považovat takovou informaci za dostatečnou, protože u velkého počtu dat si nedovedeme představit, rozdělení příslušných hodnot.⁶

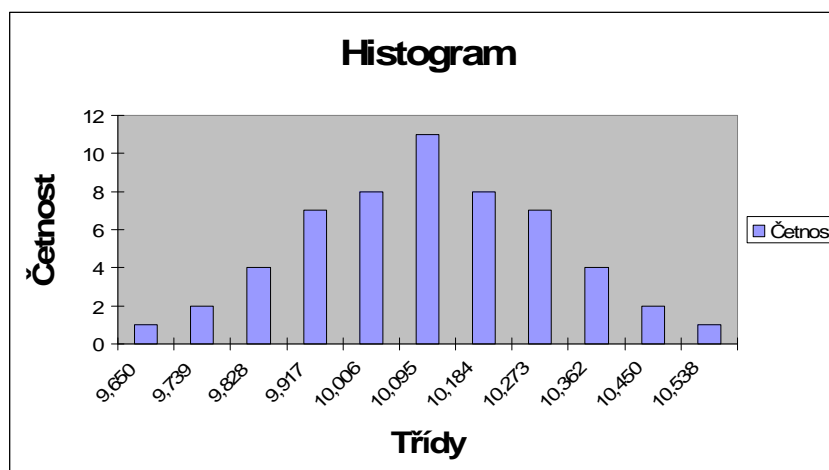
Histogram je sloupcový diagram, kde základna jednotlivých sloupců odpovídá šířce intervalu, velikost sloupců nám vyjadřuje četnost hodnoty znaku, který sledujeme a který se nachází v příslušném intervalu. Histogramy se převážně aplikují při studiu způsoblosti daného procesu, pro přesnost a analýzu strojů, operátorů a kontrolorů. Tvar histogramu nám po srovnání se vzorovými základními tvary histogramů odhalí, zda-li na proces působí pouze náhodné vlivy, zda je statisticky zvládnutelný, nebo na proces působí proměnlivé vlivy.

Analýza histogramu se soustřeďuje zejména na:

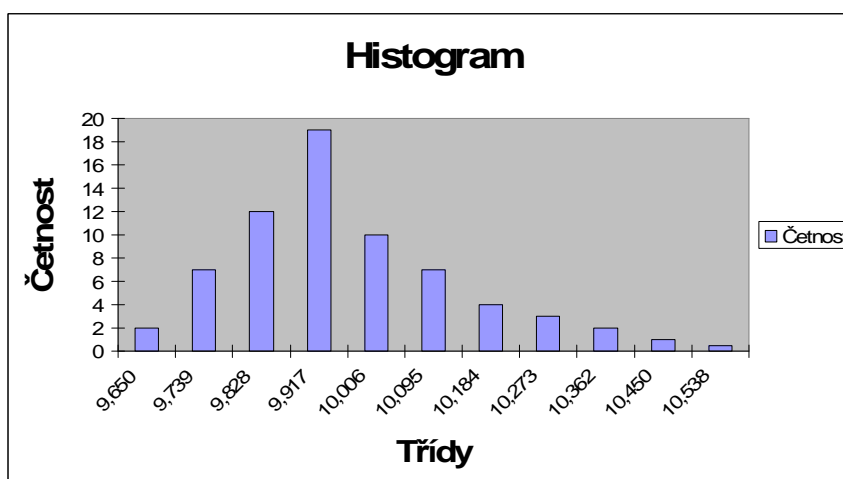
- centrování histogramu
- šířku histogramu
- tvar histogramu

Pokud je proces ovlivňován pouze vlivy náhodného charakteru, má histogram tvar zvonu, tvoří tzv. Gaussovu křivku (**obr. 2.2** a **obr. 2.3**).

⁶ srov. VEBER, J.a kol., Řízení jakosti a ochrana spotřebitele, s.150



Obr. 2.2 - Histogram – pouze vlivy náhodného charakteru



Obr.. 2.3 - Histogram s asymetrickým tvarem

2.4 Diagram příčin a následků

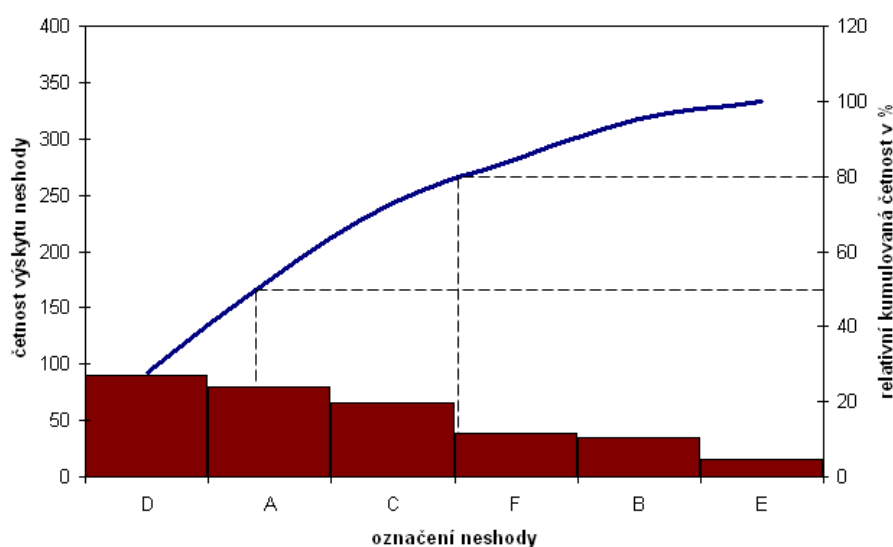
Tento diagram je též někdy nazýván jako Ishikawův diagram. Jeho základním přínosem je názorné a strukturované zachycení všech příčin, které vedou, nebo by mohly vést k danému následku. Příčiny hledáme proto, abychom je řešili. Následkem může být konkrétní situace (neshoda, vada), nebo žádoucí stav. Tato grafická metoda je nástrojem ke shromažďování informací procesu, výkonnosti a jeho výsledku s cílem vedoucím k jeho zdokonalení. Diagram příčin a následků nám neříká, jak problém řešit, ale umožní nám celý problém rozebrat a potom nalézt odpovídající řešení. Tato metoda se aplikuje pro analýzu variability procesu, pro klasifikaci procesu a pro vyšetření příčin.

Pro vlastní konstrukci diagramu musíme definovat problém, kterým se chceme zabývat a který chceme odstranit – tento problém tvoří hlavní osu. Hlavní příčiny následku se nakreslí do diagramu jako vedlejší osy. Nakonec určíme všechny možné subpříčiny ve vztahu k hlavním příčinám.

2.5 Paretova analýza

Paretova analýza, někdy též uváděna jako Paretův diagram (**obr. 2.4**), je založena na tzv. Paretově principu: 80 % následků je způsobeno 20-ti % příčin. Tato metoda nám pomáhá určit priority, na které procesy, produkty, činnosti je třeba se zaměřit, analyzovat je do hloubky, odstranit nebo minimalizovat jejich vliv. Zbylá část příčin je „zanedbatelná většina“. Paretova analýza je jednou z nejefektivnějších, běžně dostupných a snadno aplikovatelných nástrojů. Za vstupní data nejčastěji bereme záznamy různých typů neshod nebo jejich příčin u vyráběných výrobků za předem stanovené období.

Při zpracování postupujeme tak, že je třeba určit volbu položek, které se mají analyzovat, tzn. jaký je druh příčiny, o jaký druh výrobku se jedná apod. Určíme hodnotící kritérium a období, které chceme sledovat. Údaje, které dostaneme, seřadíme a provedeme kumulovaný součet příčin. Sestrojíme sloupcové diagramy příčin a sestrojíme Lorentzovu křivku. Nakonec určíme životně důležitou menšinu a oddělíme ji od užitečné většiny. Tím dostaneme nejvýznamnější vady, u kterých nalezneme a odstraníme příčin



Obr. 2.4 - Paretův diagram

2.6 Bodové diagramy

V praxi se nám může vyskytnout situace, kdy chceme změnit hodnoty parametru procesu, produktu nebo okolních podmínek. Může však nastat situace, kdy změnou jedné hodnoty, změníme změnu dalších hodnot. Jako příklad nám může sloužit pevnost materiálu, kdy podle fyzikálních zákonů snížíme tažnost materiálu, jelikož tažnost vykazuje silnou závislost na pevnosti. Bodové diagramy nám slouží jako jednoduchá pomůcka k orientačnímu zjištění, zda-li existuje nebo neexistuje závislost mezi 2 veličinami, které se nanášejí na souřadnice a vyznačí se bodem. Podle uspořádání bodů určíme, zda-li mezi nimi existuje nějaká závislost (mezi body proložíme přímkou, křivku) nebo jestli žádná závislost neplatí.⁷

Proto rozlišujeme závislosti pevné (funkční), které jsou charakteristické tím, že první konkrétní hodnotě proměnné přiřadíme vždy jedinou hodnotu druhé proměnné. V tom případě mezi první a druhou proměnnou existuje funkční vztah. Ve druhém případě mluvíme o závislosti volné (statistické), která je v praxi častější, kdy existuje rozptyl bodů, který je způsoben rušivými vlivy (nepřesnost měřidla či stroje, vnější podmínky atd.).

Při sestavení bodového diagramu je třeba myslet na získání potřebného množství hodnot (cca 30 dvojic údajů).

2.7 Regulační diagramy

Na rozdíl od histogramu nám regulační diagram znázorňuje vývoj hodnot v určité časové posloupnosti. Při zkoumání regulačního diagramu zjišťujeme, zda-li je proces stabilní či nestabilní a zároveň nám ukazuje, jaké jsou trendy procesu. Stav (proces) není pod kontrolou, je signalizován v regulačním diagramu s regulačními mezemi LCL⁸ a UCL⁹ body ležícími mimo tyto meze. Existují-li v diagramu takové body, je nutno provést analýzu procesu, vyhledat a odstranit příčiny, které signalizují nestabilitu.¹⁰

⁷ srov. VEBER, J.a kol., Řízení jakosti a ochrana spotřebitele, s.149

⁸ LCL – dolní regulační mez

⁹ UCL – horní regulační mez

¹⁰ srov. TICHÁ, Š., Strojírenská metrologie - část 2. Základy řízení jakosti, s. 68

Tento nástroj se nejvíce uplatňuje při statistické regulaci procesů. Díky tomuto nástroji můžeme hodnotit stabilitu procesu, určovat, kdy je třeba zasáhnout a zároveň se díky němu můžeme přesvědčit o účinnosti navržených opravných opatření.

3 Analýza stávajícího stavu výrobních procesů

Ve společnosti MORA-TOP s. r. o. jsou dvě výrobní jednotky. První výrobní jednotka – „Montáž“, která se zabývá montáží finálního výrobku, a druhá výrobní jednotka – „Cu program“, která vyrábí měděné komponenty, jako výměníky, trubky, trubičky, případně termočlánky.

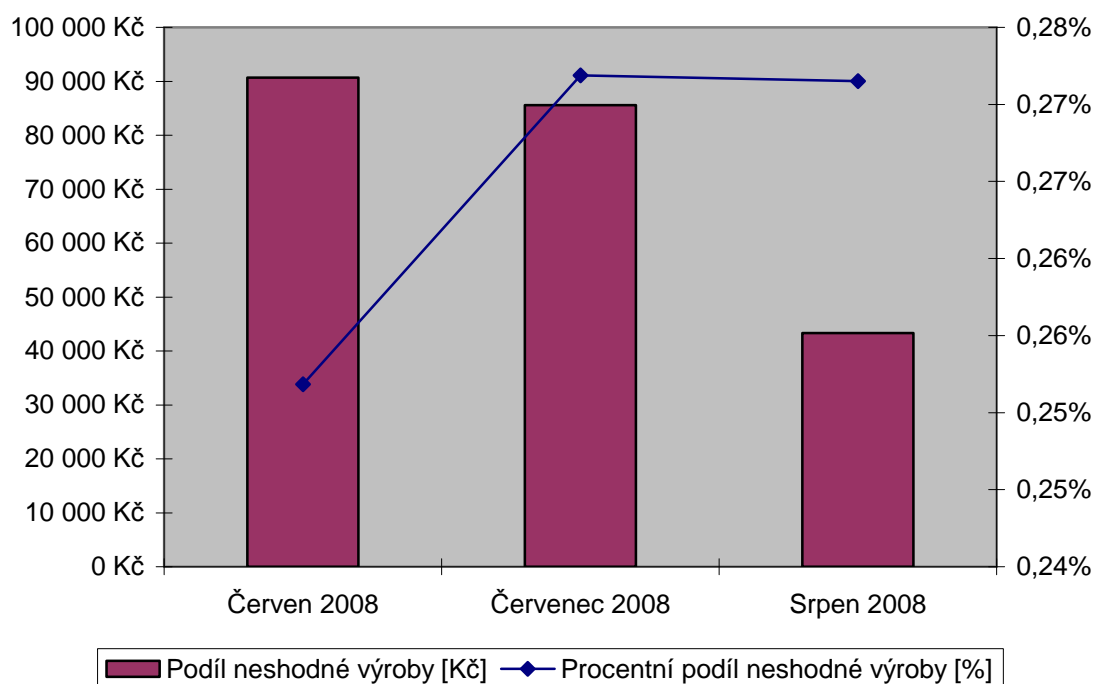
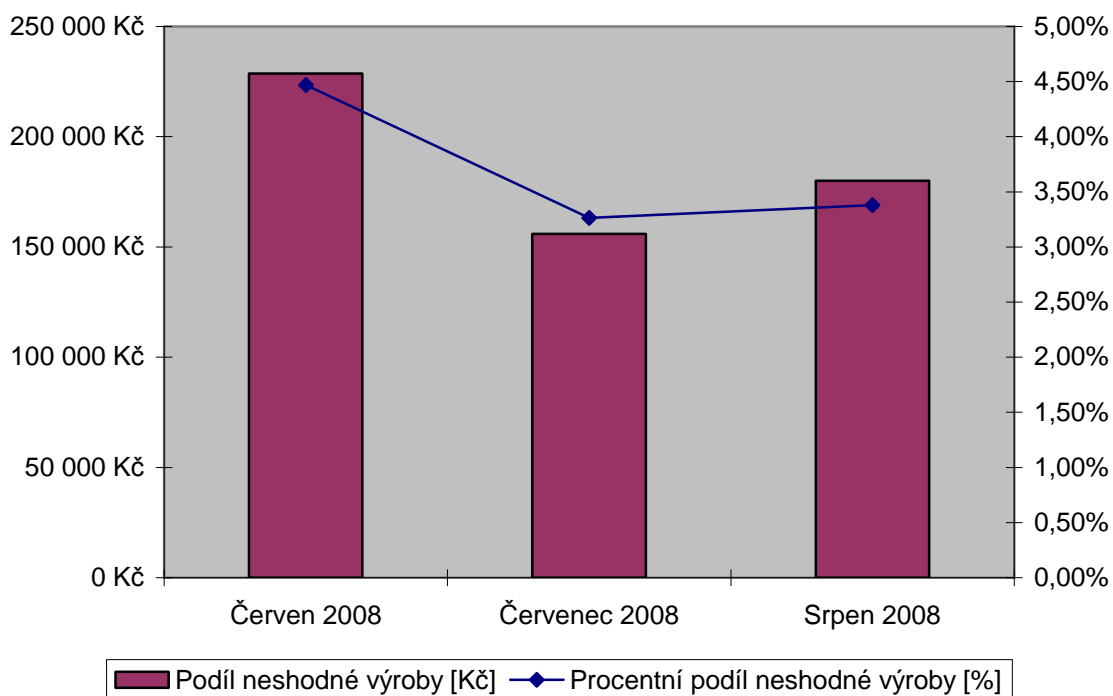
Jako zdroj, ze kterého jsem čerpal data, mi sloužil report výsledků neshod výroby, které zpracovalo OŘK za období červen – srpen 2008 pro obě výrobní jednotky (**graf 3.1** – COPQ¹¹ Montáž /červen – srpen 2008/ a **graf 3.2** COPQ Cu program /červen – srpen 2008/).

Tabulka 3.1 Náklady na neshody červen –srpen 2008

Výrobní jednotka	Velikost podílu neshodné výroby [Kč]	Velikost podílu neshodné výroby[%]	Měsíc
Montáž	90 693,-	0,25	Červen 2008
Cu program	228 649,-	4,47	
Montáž	85 560,-	0,27	Červenec 2008
Cu	113 034,-	2,15	
Montáž	43 346,-	0,27	Srpen 2008
Cu	135 868,-	2,86	

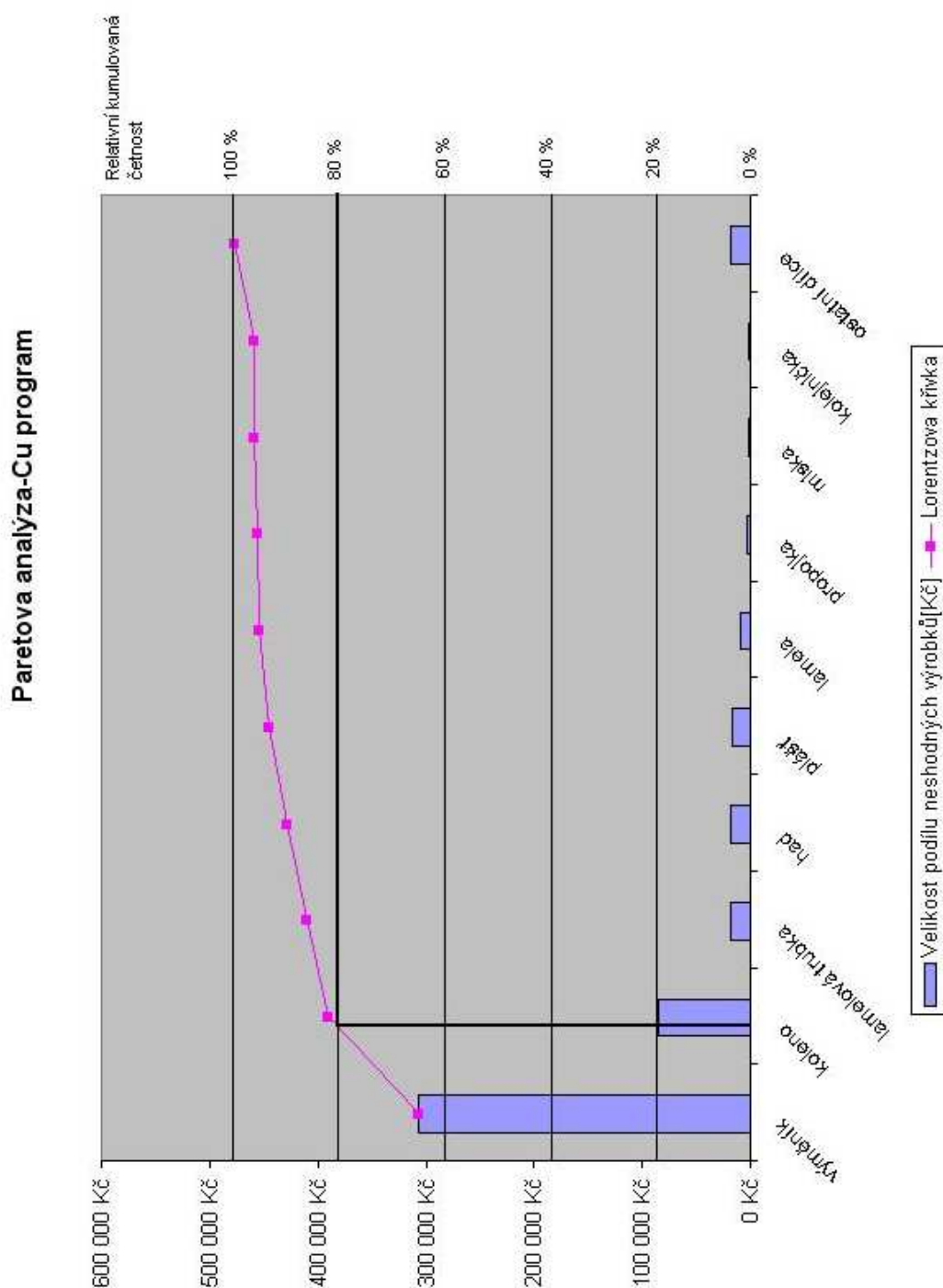
Jak vyplývá z **tabulky 3.1** a **grafů 3.1** a **3.2.**, na neshodách výroby se větší mírou podílí výrobní jednotka „Cu program“. Proto jsem se rozhodl zabývat se nejprve touto výrobní částí a sestrojil jsem Paretův diagram.

¹¹ COPQ (Cost of Poor Quality) – velikost podílu neshodné výroby

COPQ "Montáž" /červen-srpen 2008/**Graf 3.1** - COPQ „Montáž“ /červen-srpen 2008/**COPQ "Cu program" /červen-srpen 2008)****Graf 3.2** - COPQ „Cu program“ /červen-srpen 2008/

3.1 Kritické procesy na výrobní jednotce „Cu program“

Pokud rozeberu dále **graf 3.2**, vyplyne mi za 3 sledované měsíce soupis dílců s největší velikostí podílu neshodné výroby. K tomuto účelu jsem použil jeden ze základních statistických nástrojů řízení kvality – Paretovu analýzu (viz **graf 3.3**)



Graf 3.3 - Paretova analýza - Cu program

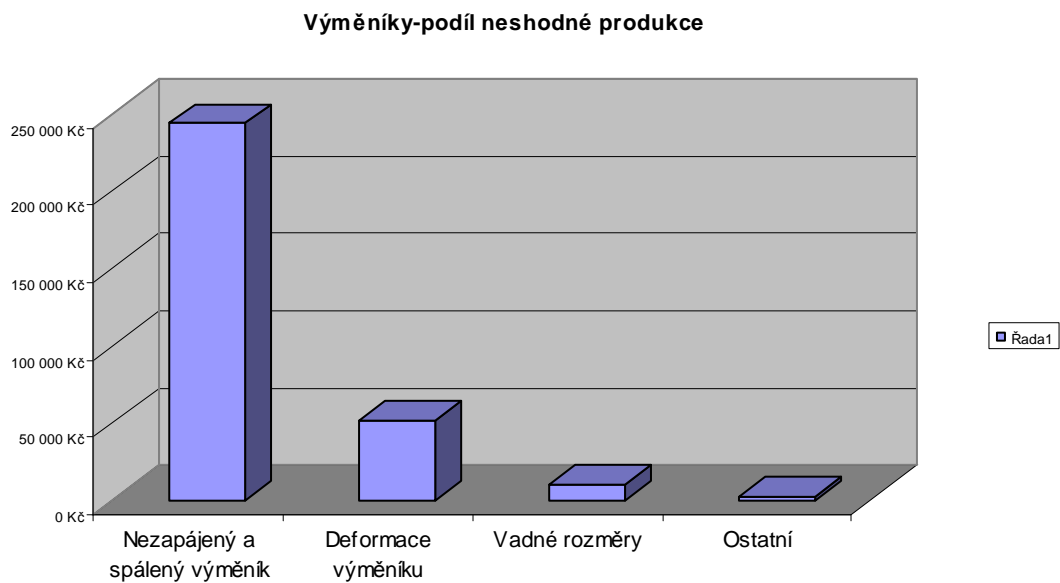
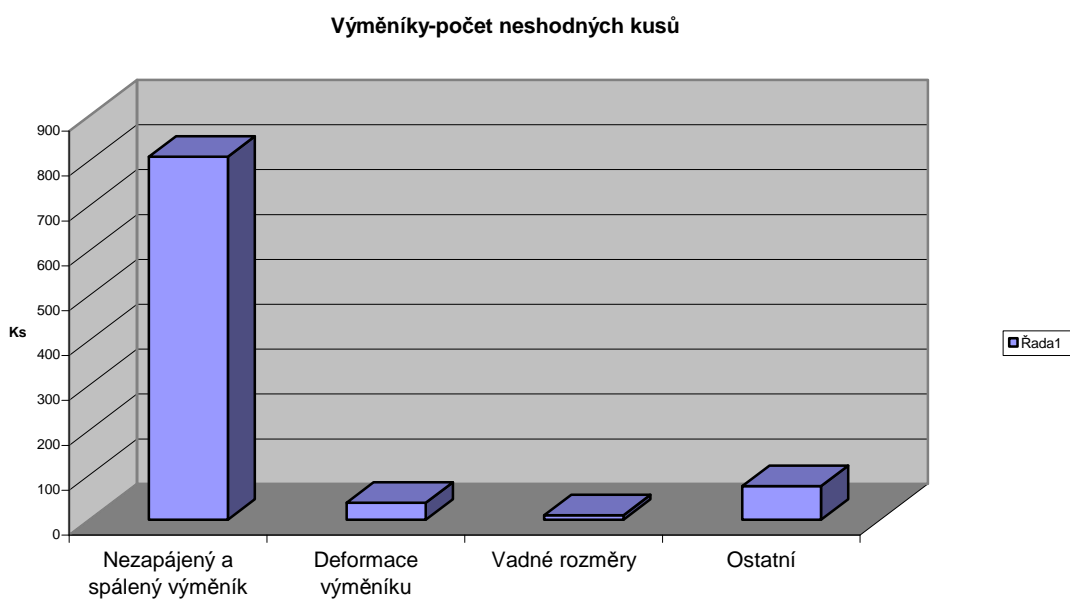
Jak vyplývá z Paretovy analýzy, největším podílem se na neshodách výroby podílí výměník a to plnými 64,20 %, koleno 17,65 % (viz. **tabulka 3.2**). Abych zachoval poměr 80 % následků ku 20 procentům příčin, nadále jsem se zabýval pouze těmito dvěma výrobky, snažil jsem se je zanalyzovat a navrhnout taková nápravná opatření, která výrazným způsobem minimalizují neshody v produkci výroby.

Tabulka 3.2 - Neshodná produkce na Cu výrobě

Název dílce	Náklady spojené s neshodnou produkcí [Kč]	Velikost podílu dané neshody [%]
Výměník	306 575,-	64,20
Koleno	84 310,-	17,65
Lamelová trubka	18 689,-	3,91
Had	18 648,-	3,90
Plášť	16 411,-	3,44
Lamela	8 942,-	1,87
Propojka	2 480,-	0,52
Miska	1 948,-	0,41
Kolejnička	1 308,-	0,27
Ostatní dílce	18 240,-	3,82

3.1.1 Proces výroby výměníků

Pokud rozebereme jednotlivé neshody, které vznikají při výrobě výměníků, je jednoznačně největší problém se správným zapájením pájených spojů u výměníků (viz. **tabulka 3.3, graf 3.4 a graf 3.5**).

**Graf 3.4 - Podíl neshodné produkce-výměníky****Graf 3.5 - Přehled neshodné produkce v kusech-výměníky****Tabulka 3.3 - Přehled neshodné produkce-výměníky**

Vada	Hodnota velikosti neshodné produkce [Kč]	Počet neshodných kusů [ks]
Nezapájený a spálený výměník	243 305,-	809
Deformace výměníku	51 001,-	38
Vadné rozměry	9 765,-	10
Ostatní vady	2 504,-	75

Při porovnání **grafů 3.4** a **3.5** jsou vidět určité rozdíly. Tyto rozdíly vyplývají ze skutečnosti, že zatímco nezapájené výměníky jsou opravitelné, u deformovaných výměníků, případně u výměníků s vadnými rozměry se ve většině případů jedná o neopravitelné kusy. U deformací výměníků se většině případů jedná o nedbalost operátorů (spadlé výměníky, naražené výměníky).

Výměník (**obr. 3.1**), přesněji tepelný výměník, slouží k výměně energií mezi dvěma soustavami. V našem případě se jedná o výměník měděný, kdy kritickým procesem při výrobě výměníku je pájení v peci.



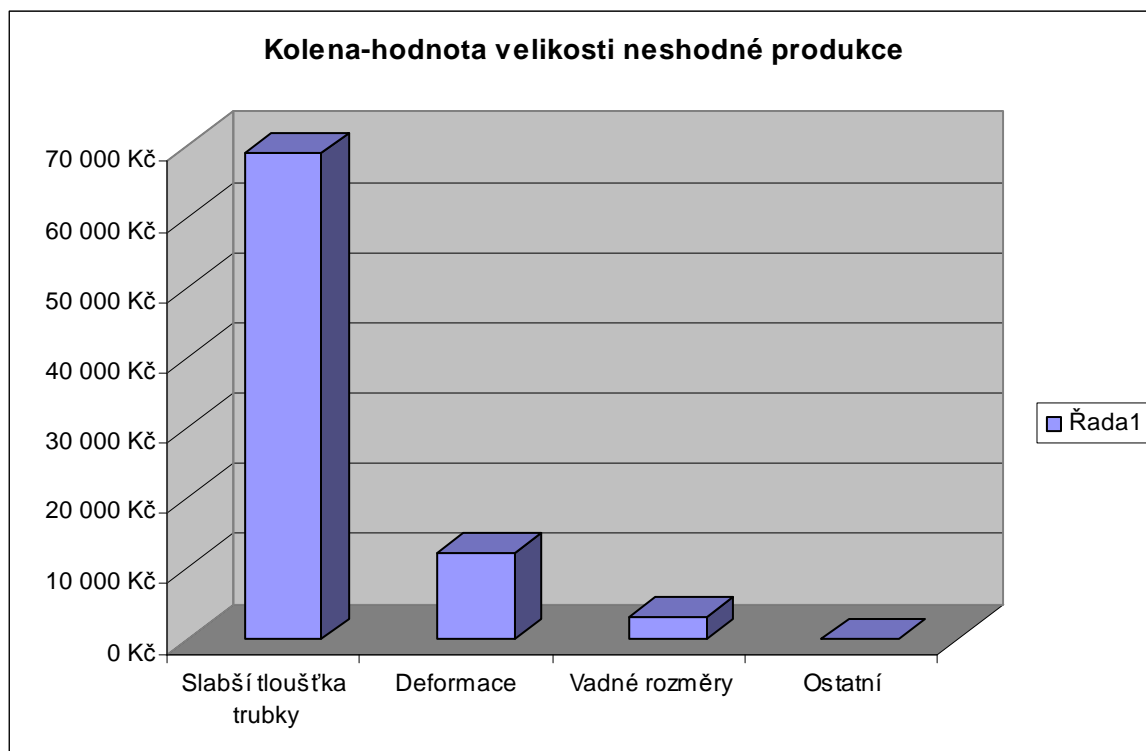
Obr. 3.1 - Tepelný výměník

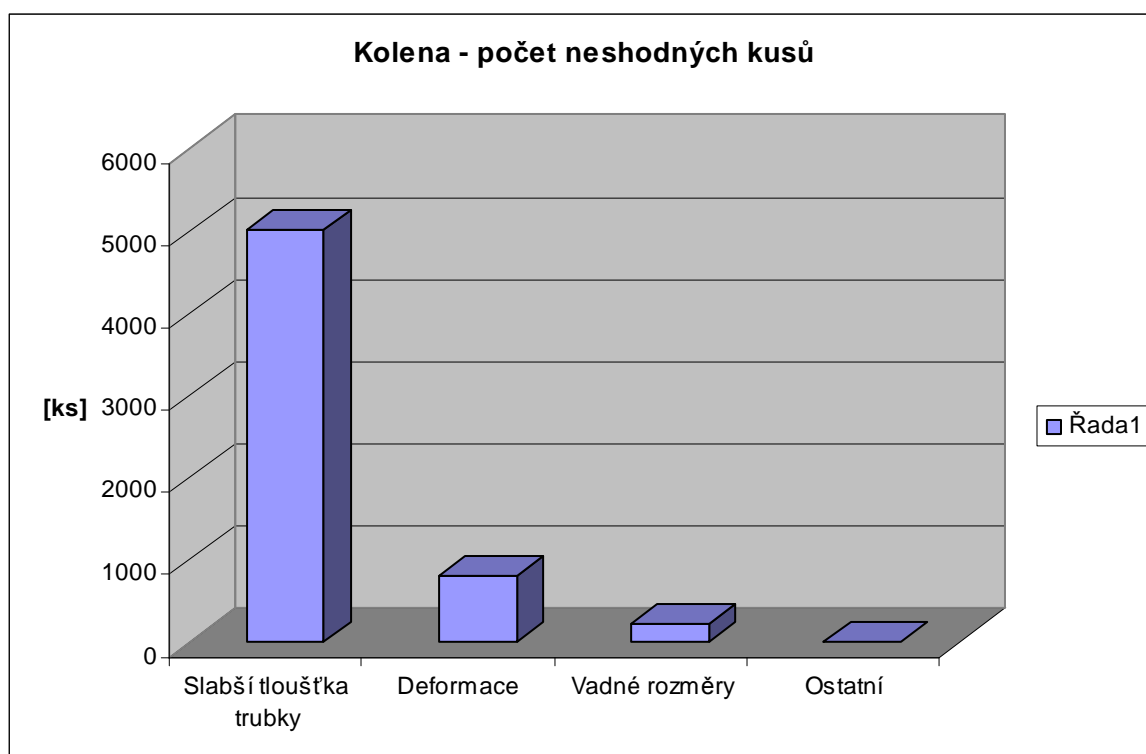
3.1.2 Proces výroby kolena

Dle **tabulky 3.2** je dílcem s druhou největší velikostí podílu neshodné výroby, na výrobní jednotce „Cu program“, koleno. Koleno (**obr. 3.2**), se používá ke spojení lamelových trubek u výměníku.

**Obr. 3.2** – Koleno**Tabulka 3.4** - Přehled velikosti neshodné produkce - kolena

Vada	Hodnota velikosti neshodné produkce [Kč]	Počet neshodných kusů [ks]
Slabší tloušťka trubky	69 013,-	5 021
Deformace	12 115,-	796
Vadné rozměry	3 093,-	226
Ostatní	89,-	8

**Graf 3.6** - Kolena - hodnota velikosti neshodné produkce



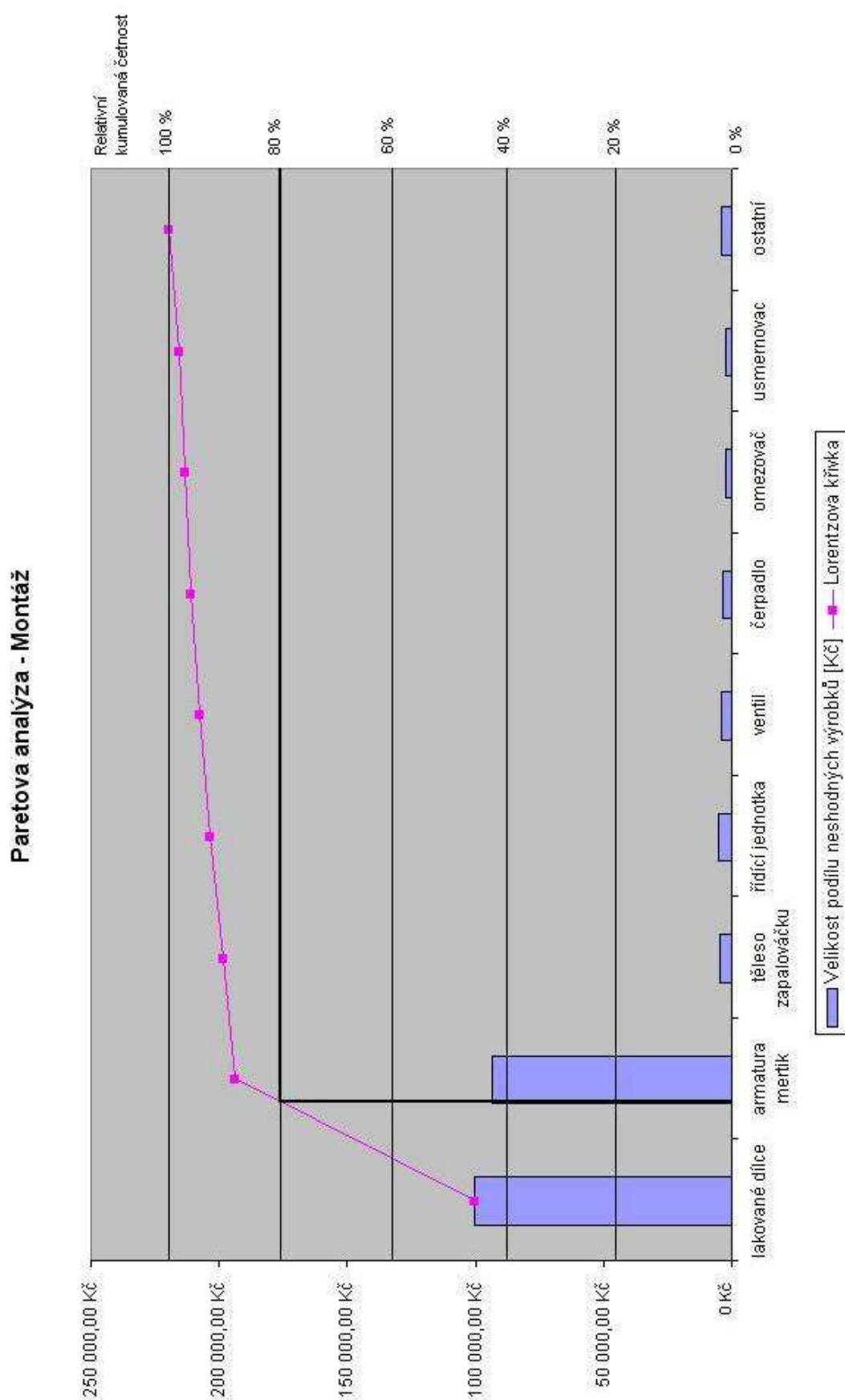
Graf 3.7 - Kolena-počet neshodných kusů

Pokud rozebereme podrobněji **tabulku 3.4** a **grafy 3.6 a 3.7**, vyjdou při výrobě kolen jako dvě největší neshody slabší tloušťka trubky a deformace kolen.

3.2 Kritické procesy na výrobní jednotce „Montáž“

I když výrobní jednotka montáž dosahuje velikosti podílu neshodné výroby menších hodnot, ať již pohledu nákladů v Kč, případně velikostí procentního podílu (**tabulka 3.1** a **graf 3.1**), I tuto část výroby jsem se rozhodl zanalyzovat a navrhnout nápravná opatření. Opět jsem použil Paretovu analýzu na zjištění kritických dílců (**graf 3.8**).

Jak vyplývá z Paretovy analýzy, největším podílem se na neshodách výroby podílí lakované dílce (45,76 %) a armatura mertik (42,50 %), (viz. **tabulka 3.5**). Abych zachoval poměr 80 % následků ku 20 % příčin, nadále jsem se zabýval těmito dvěma výrobky.



Graf 3.8 - Paretova analýza – „Montáž“

Tabulka 3.5 - Neshodná produkce na montáži

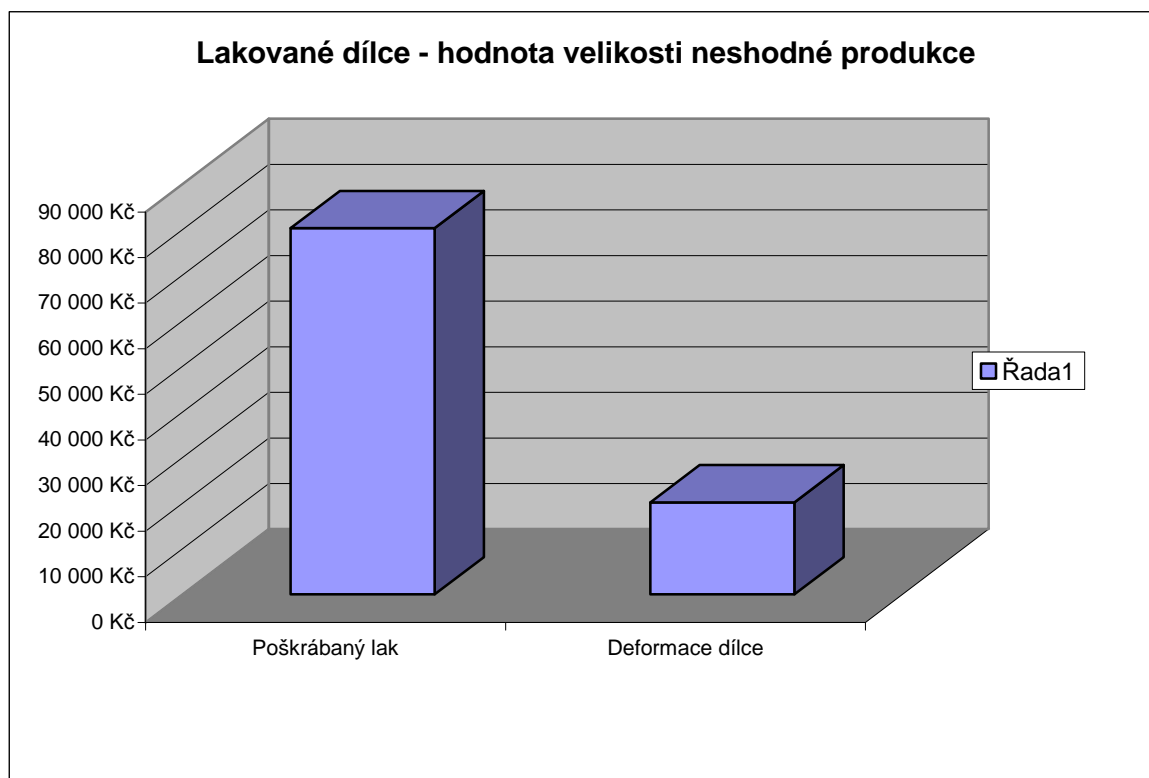
Název dílce	Náklady spojené s neshodnou produkcí [Kč]	Velikost podílu dané neshody [%]
Lakované dílce	100 486,-	45,76
Armatura mertik	93 332,-	42,50
Těleso zapalováčku	4 719,-	2,14
Řídící jednotka	5 255,-	2,39
Ventil	3 770,-	1,72
Čerpadlo	3 184,-	1,45
Omezovač	2 326,-	1,06
Usměrnovac	2 277,-	1,04
Ostatní dílce	4 250,-	1,94

3.2.1 Vady lakovaných dílců

U lakovaných dílců jsou pouze 2 neshody – deformované dílce a poškrábaný lak (podle **tabulky 3.6** a **grafu 3.9**). Do skupiny lakovaných dílců patří bočnice, zadní stěna, přední díl a stojina.

Tabulka 3.6 - Přehled velikosti neshodné produkce – lakované dílce

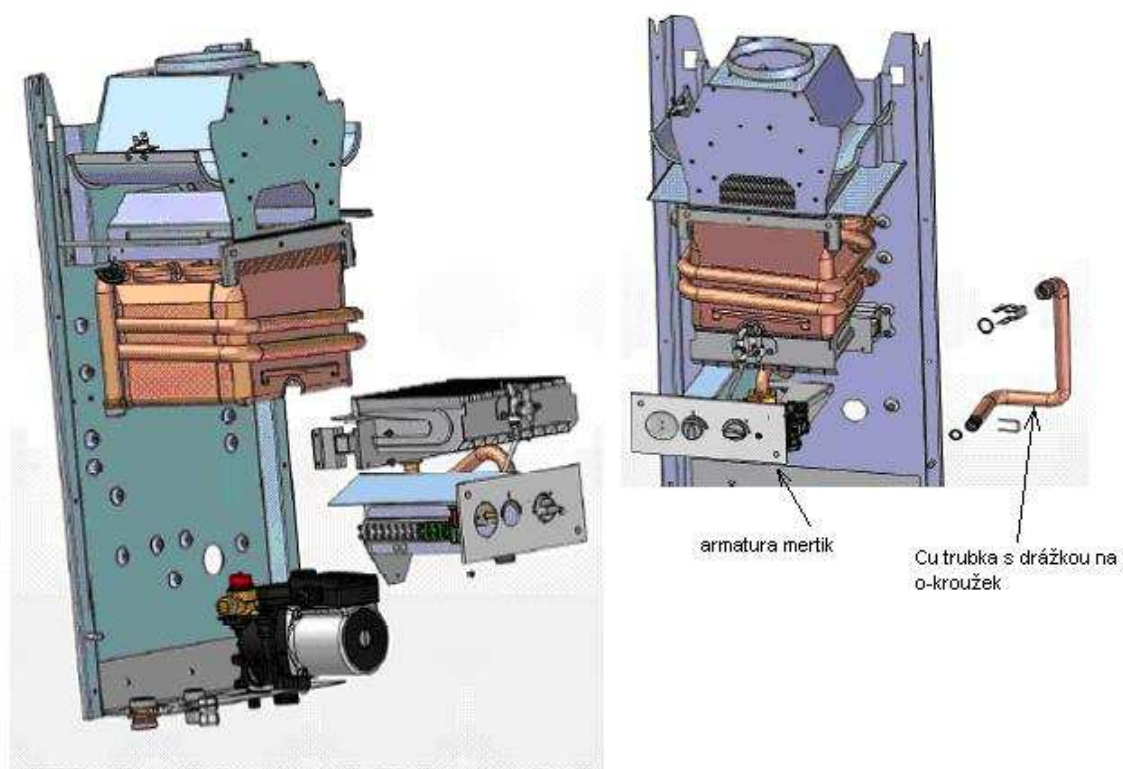
Vada	Hodnota velikosti neshodné produkce [Kč]
Poškrábaný lak	80 303,-
Deformace dílce	20 183,-



Graf 3.9 - Lakované dílce – hodnota velikosti neshodné produkce

3.2.2 Vady u armatury mertik

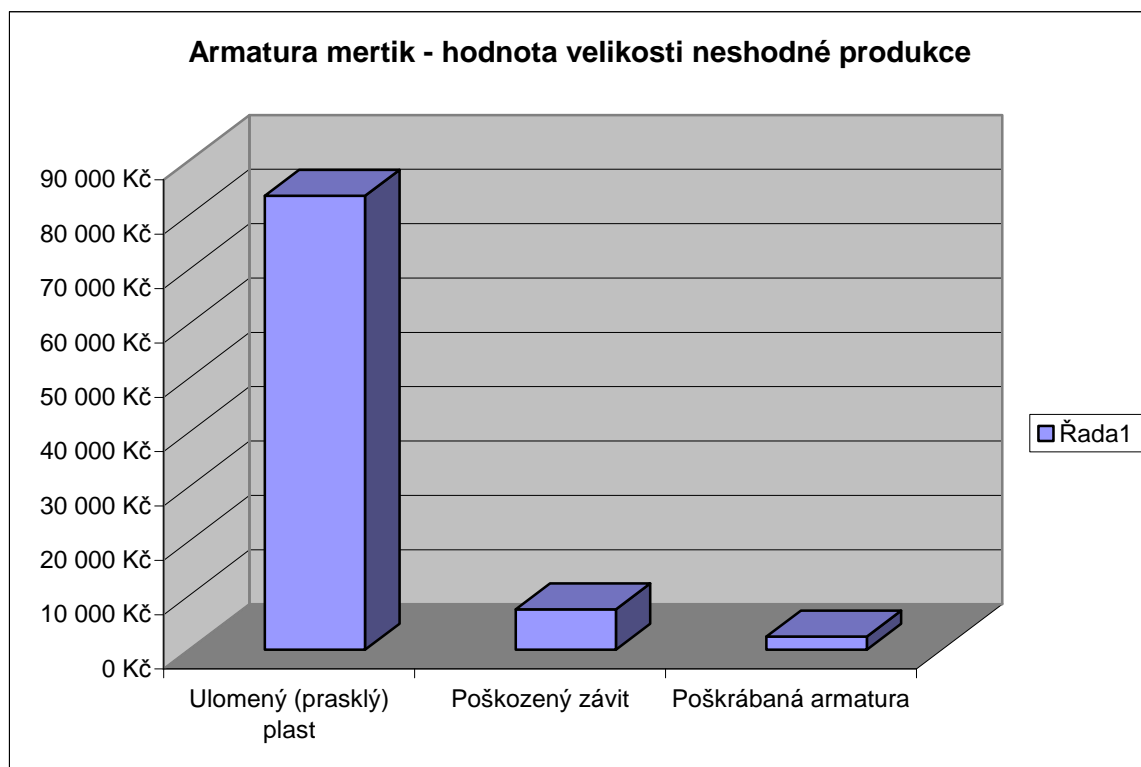
Armatura metrik se používá u průtokových ohříváčů vody. Do armatury se přivádí měděná trubka (viz **obr. 3.3**). Trubka se z jedné strany vloží do výměníku, z druhé strany se vloží s o-kroužkem dá do armatury a zajistí se sponou. Vzhledem k tomu, že trubka je vyrobené v určité toleranci a i ostatní dílce skládané na montáži mají nejen výrobní, ale také montážní rozměrovou toleranci, může dojít při nasouvání trubky do armatury ke sečtení těchto tolerancí a v případě neopatrné montáže dojde k poškození plastu na armatuře. Tato vada dle tabulky 3.7 a grafu 3.10 tvoří výrazně největší podíl neshodné produkce a proto se budu zabývat pouze touto vadou.



Obr. 3.3 - Spoj armatury metrik s trubkou

Tabulka 3.7 - Přehled velikosti neshodné produkce – armatura metrik

Vada	Hodnota velikosti neshodné produkce [Kč]
Ulomený (prasklý) plast	83 512,-
Poškozený závit	7 420,-
Poškrábaná armatura	2 400,-



Graf 3.10 - Armatura mertik – hodnota velikosti neshodné produkce

4 Řešení nápravných opatření na výrobní jednotce „Cu program“

Na výrobní jednotce „Cu program“ budu navrhovat nápravná opatření pro proces pájení výměníků, deformace výměníků, slabší tloušťka trubky u kolena a deformace kolena.

4.1 Nápravné opatření pro proces pájení výměníků

U procesu zapájení výměníků jsem se rozhodl použít statistickou regulaci srovnáváním. V tomto typu statistické regulace se pracuje s diskrétními náhodnými proměnnými (počet neshod, podíl neshod). Statistická regulace srovnáváním má výhodu v tom, že informace o stavu procesu získáváme rychleji než při regulaci měřením. Nevýhodou naopak je, že nám podávají menší množství informací o regulovaném procesu.

Pro kontrolu pomocí statistické regulace srovnáváním jsem se rozhodl použít **p - regulační diagram**. Vztahy pro výpočet regulačních mezí: [4]

$$CL = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^j x_j}{\sum_{i=1}^j n_j} \quad (4.1)$$

$$\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^j n_j}{76} = \underline{72,96} \quad (4.2)$$

$$UCL = \bar{p} + 3 * \sqrt{\frac{\bar{p} * (1 - \bar{p})}{\bar{n}}} \quad (4.3)$$

$$LCL = \bar{p} - 3 * \sqrt{\frac{\bar{p} * (1 - \bar{p})}{\bar{n}}} \quad (4.4)$$

kde: x_j – počet neshodných jednotek v podskupině

n_j – rozsah j-té podskupiny

CL – centrální přímka diagramu

UCL – horní regulační mez

LCL – dolní regulační mez

\bar{n} – aritmetický průměr rozsahů podskupin

Hodnoty x_j a n_j jsou uvedeny v **tabulce 4.1**. V této tabulce jsou výsledky zapájení výměníků za období červen až srpen 2008.

Tabulka 4.1 - Počet neshodných výměníků v dávce

Číslo podskupiny	n_j [ks]	x_j [ks]		Číslo podskupiny	n_j [ks]	x_j [ks]
1.	30	20		39.	89	10
2.	30	25		40.	78	31
3.	20	17		41.	50	13
4.	30	30		42.	13	0
5.	91	91		43.	23	1
6.	30	30		44.	20	3
7.	48	44		45.	209	32
8.	126	106		46.	68	21
9.	130	76		47.	169	21
10.	100	41		48.	143	10
11.	117	27		49.	53	13
12.	38	9		50.	135	9
13.	67	37		51.	75	3
14.	38	27		52.	90	3
15.	45	24		53.	29	24
16.	47	43		54.	66	10
17.	88	77		55.	150	6
18.	32	2		56.	127	26
19.	30	0		57.	72	7
20.	54	17		58.	112	5
21.	40	14		59.	66	14
22.	125	46		60.	60	2
23.	60	23		61.	36	9
24.	62	58		62.	36	22
25.	45	39		63.	56	22
26.	165	49		64.	40	22
27.	104	66		65.	35	16
28.	209	125		66.	77	35
29.	73	36		67.	45	34
30.	100	50		68.	52	25
31.	148	104		69.	24	11
32.	18	1		70.	43	20
33.	10	9		71.	60	7
34.	148	126		72.	101	12
35.	60	29		73.	60	21
36.	124	51		74.	31	2
37.	14	11		75.	104	33
38.	92	6		76.	60	3

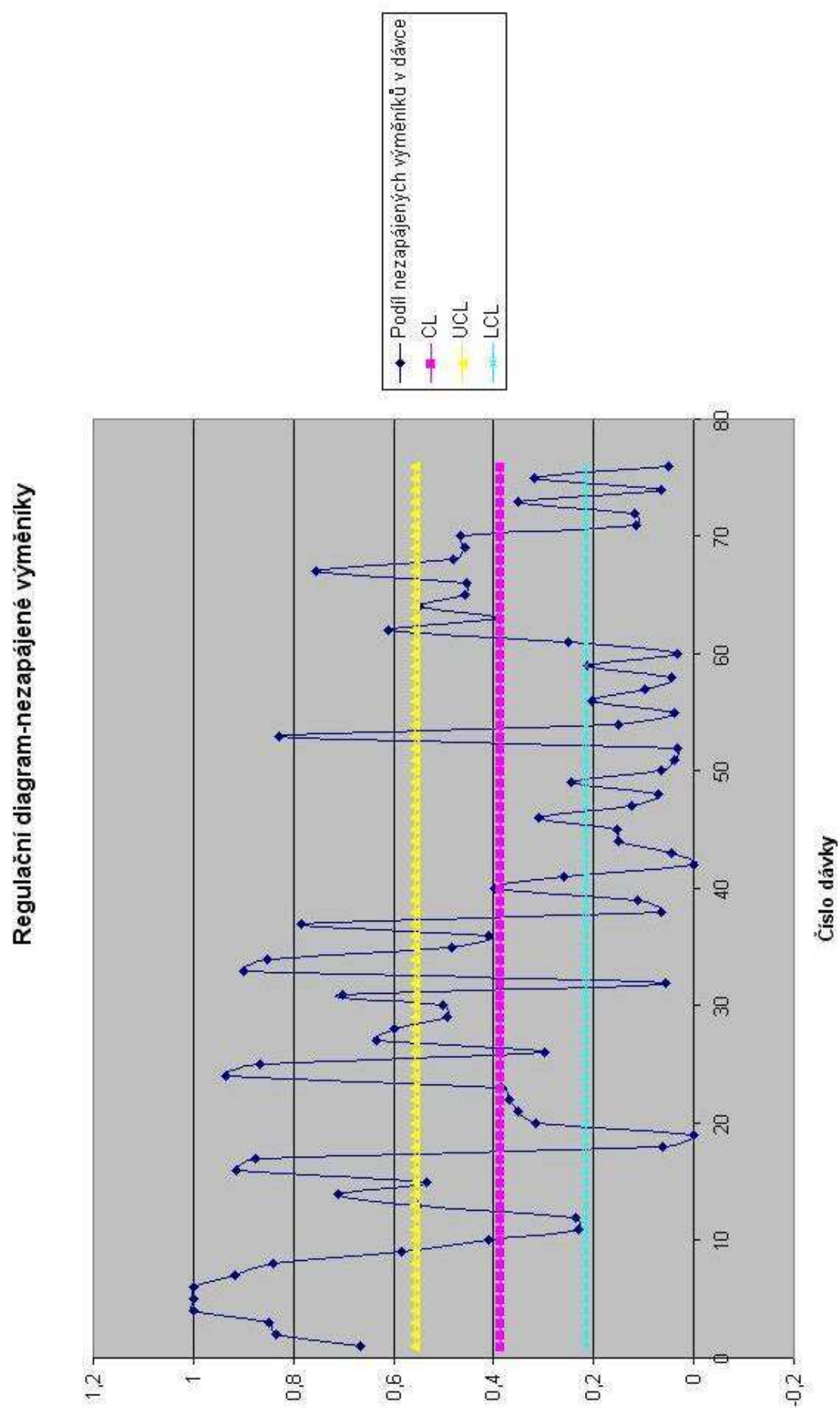
Výpočet parametrů pro sestavení regulačního diagramu (vztahy 4.1, 4.2, 4.3, 4.4):

$$CL = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^j x_j}{\sum_{i=1}^j n_j} = \underline{0,386}$$

$$\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^j n_j}{76} = \underline{72,96}$$

$$UCL = \bar{p} + 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p} \cdot (1 - \bar{p})}{\bar{n}}} = 0,386 + 3 \cdot \sqrt{\frac{0,386 \cdot (1 - 0,386)}{72,96}} = \underline{0,557}$$

$$LCL = \bar{p} - 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p} \cdot (1 - \bar{p})}{\bar{n}}} = 0,386 - 3 \cdot \sqrt{\frac{0,386 \cdot (1 - 0,386)}{72,96}} = \underline{0,215}$$

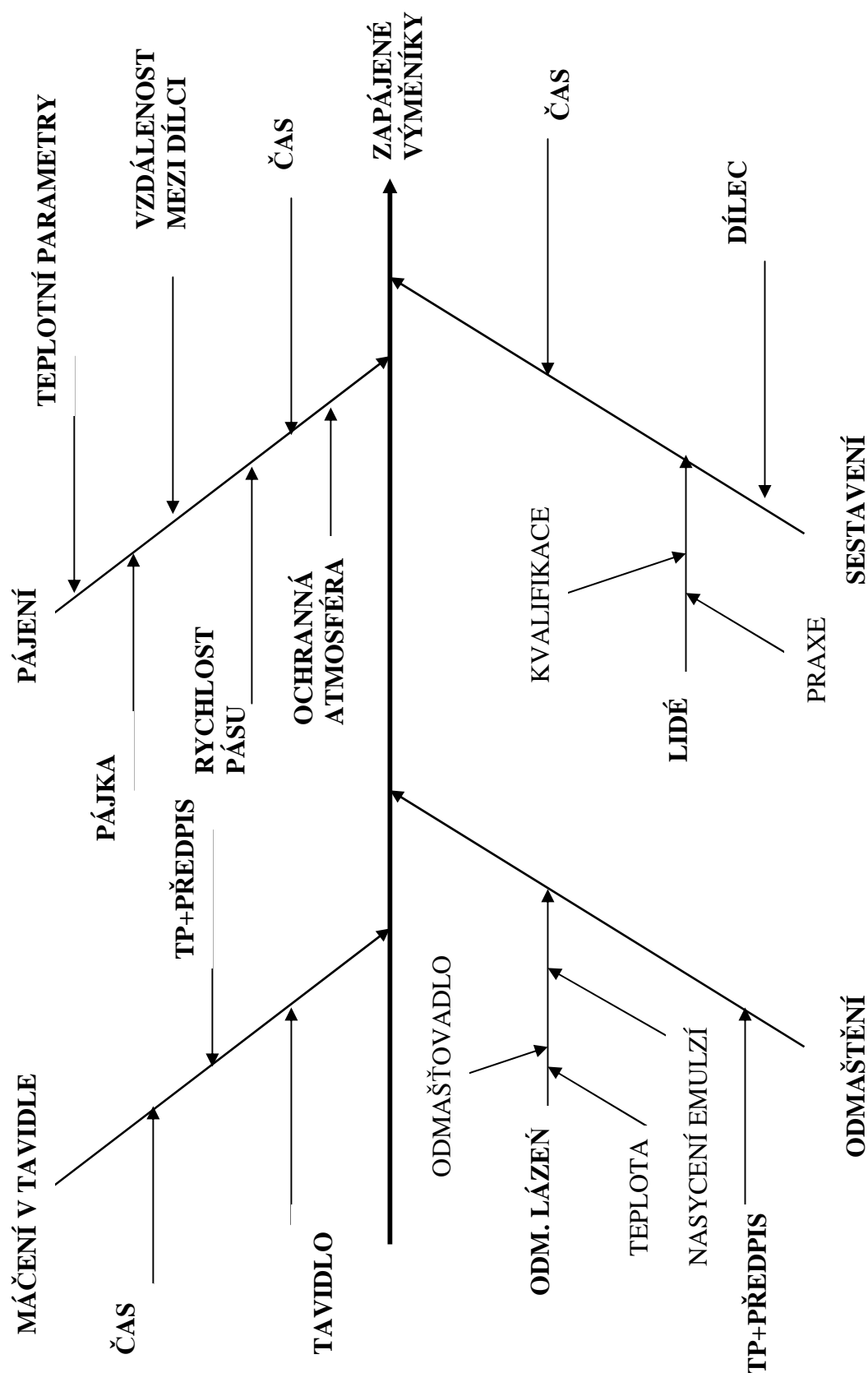


Graf 4.1 - Regulační diagram – zapájení výměníků (červen-srpen 2008)

Jak jde z **grafu 4.1** vidět, proces je mimo kontrolu, protože body LCL a UCL jsou překročeny. Na proces tak působí vymezipitelné vlivy. Proto je nutno vyhledat a odstranit příčiny, které vykazují nestabilitu.

4.1.1 Diagram příčin a následků procesu „Pájení výměníků“

Diagram příčin a následků pro proces pájení výměníků je znázorněn na **obr. 4.2** (Diagram příčin a následků procesu pájení výměníků). Proces pájení výměníků ovlivňují 4 příčiny – odmaštění, máčení v tavidle, sestavení a pájení v peci.



Obr. 4.2 - Digram příčin a následků procesu pájení výměníků

• Příčina – Odmaštění dílců

V operaci odmaštění jsou podle diagramu 3 subpříčiny – Technologický postup + předpis a odmašťovací lázeň.

Technologický postup + předpis – první subpříčinou je nedostatečně vypracovaný postup a předpis pro operaci odmaštění. V technologickém postupu je pouze odvolávka na předpis, který nedostatečně popisuje, jakým způsobem ukládat dílce do koše, kdy a za jakých okolností kontrolovat odmašťovací lázeň, jakým způsobem kontrolovat odmaštěné dílce apod. Zároveň do technologického postupu byl doplněn způsob, jak ukládat a jak zamezit opětovnému znečištění dílců. Upravený předpis pro odmašťování je součástí **přílohy č. 1**.

Odmašťovací lázeň – Tato subpříčina se dělí na další 3 subpříčiny – teplota lázně, vhodné odmašťovadlo a nasycení lázně emulzí. Jak jsem uvedl již v úvodu, výrobní podnik se v roce 2005 přestěhoval do nových výrobních prostor, výrobní jednotka „Cu program“ byla přesunuta až v roce 2007. Se změnou umístění společnosti souvisela také potřeba obměnit výrobní stroje a zařízení, které se používaly na zpracování měděných komponentů. U těchto zařízení byly použity jiné pracovní mazací kapaliny než u strojů starších, aniž by se před začátkem výroby vyzkoušelo odmaštění dílů, případně vytipovalo vhodné odmašťovadlo.

K testovací zkoušce byl vybrán had výměníku, který je z hlediska důkladného odmaštění nejproblematictější dílem. Pro přípravu odmašťovací lázně bylo použito původní odmašťovadlo Surfaclean 5 %, dále Surfaclean 7 %, Pragofos 1008L (8 %) společně s Pragolod DT 57 (1%). U všech těchto odmašťovadel byla nastavena teplota doporučená výrobcí výše uvedených produktů na $T = 80\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ke kontrole odmaštění byla použita metoda „MARK“.

Princip metody „MARK“ nespočívá v určení plošné koncentrace mastnot, naopak testujeme, zda ověřovaná plocha má nižší hodnotu plošného znečištění, než je zvolený stupeň indikátoru. Podstatou metody je nanesení indikátoru ve formě prášku na kontrolovanou plochu. Na nedokonale odmaštěné ploše se vytvoří opticky rozlišitelný

povlak. Pro kontrolu odmaštění dílců jsem zvolil indikátor M1-1 (červený), který má mezní stupeň 7, mezní hodnota zamaštění $v = 0,1 \text{ g/m}^2$.

Zatímco stávající odmašťovadlo Surfaclean ani v silnější koncentraci nedokázalo had odmastit ve vnitřní části, odmašťovací lázeň Pragofos s Pragolodem odmastila dílec, který zkoušce odmaštění vyhověl. Na základě této zkoušky byl, do předpisu pro odmaštění, vložen popis přípravy odmašťovací lázně včetně teplot, za kterých musí být odmašťování dílců provedeno. Zároveň byla do technologického postupu vložena metoda a rozsah kontroly odmaštění jednotlivých dílců.

Přesto, že odmašťovací lázeň odmastí dílec od nečistot a mastnoty, účinnost odmaštění klesá s nasycením lázně emulzí z již odmaštěných dílců. Kromě stanovení limitu výměny lázně po 20 směnách, bylo určeno, že v případě překročení 10 % vadně odmaštěných dílců v dávce, oznámí kontrola tuto skutečnost mistru výroby, který neprodleně zajistí výměnu odmašťovací lázně.

- **Příčina – Namáčení dílců v tavidle**

Operace nanášení dílců v tavidle má 3 subpříčiny – Technologický postup + předpis, čas, tavidlo.

Technologický postup + předpis – stejně jako u předchozí operace, i v této operaci je technologický postup a předpis nedostatečně popsán. Bylo nutné určit a podrobně popsat údržbu a konkretizovat kontrolu lázně. Byl vypracován předpis U08.01 (**příloha č. 1**).

Čas – mezi operací odmašťování a namáčení dílců v tavidle je časová prodleva, která může ovlivnit konečné zapájení výrobku. Dílce po odmaštění mají tendenci oxidovat. Aby se vyloučil maximálně tento negativní jev, navrhnul jsem jako maximální časový interval mezi těmito dvěma operacemi na 36 hodin.

Tavidlo – Tavidlo Argentol je vhodné k pájení mědi a slitin. Dodává se ve formě prášku. Hodnoty uvedené v předpisu U08.02 (**příloha č. 2**), byly připravovány v souladu s doporučením výrobce. Vzhledem k tomu, že tavidlo je odebíráno stále od stejného dodavatele, každá dodávka obsahuje atest o složení. Mohu proto vyloučit negativní vliv

tavidla na proces. Proces by ovšem mohl být ohrožen, pokud by byl překročen datum spotřeby.

- **Příčina – Sestavení před pájením**

U této operace se sestavují kolínka, trubka vývodu k tělesu výměníku. V této operaci jsou 3 subpříčiny – lidé, čas, dílec

Lidé – tato příčina se dále dělí na 2 subpříčiny – kvalifikace a praxe. Vzhledem k tomu, že tato operace vyžaduje poměrně velkou zručnost a pečlivost, je nutné, aby tuto práci vykonávali pouze lidé, kteří mají příslušnou kvalifikaci k provádění ručních prací. V tomto ohledu hraje vliv i druhá subpříčina – praxe, kdy pracovník provádějící tuto operaci musí mít kromě příslušné kvalifikace také potřebnou praxi. Jelikož za poslední 2 roky byla poměrně vysoká fluktuace zaměstnanců, která se dotkla této pracovní pozice, bylo nutné stanovit pravidla, za jakých okolností může pracovník tuto operaci provádět. Zaměstnanec s potřebnou praxí musí měsíc pracovat pod dohledem pracovníka, který tuto operaci provádí. Po doporučení zaškolující pracovník s mistrem a pracovníkem kontroly rozhodnou, zda-li zaškolovaný zaměstnanec může tuto činnost vykonávat samostatně.

Čas – stejně jako mezi odmaštěním dílce a nanášením tavidla, i v této sekvenci je nutné dodržet časový interval mezi namáčením dílce v tavidle a mezi sestavením. Přestože namáčení dílce a sestavení v drtivé většině po sobě následuje téměř okamžitě, může být časová prodleva mezi namáčením v tavidle a samotným pájením větší jak doporučených 24 hodin, pokud dojde k namáčení dílců v tavidle, a které nejsou zpracovány v důsledku konce páteční směny. Proto musí být dodrženo navržené pravidlo – vše, co je zpracováno v operaci namáčení dílce v tavidle, musí být předáno a zpracováno na další operaci ve stejný den. Je proto zakázáno tvořit jakékoliv mezioperační zásoby na pracovištích.

Dílec – Jako jedna z potenciálních subpříčin, která může narušit proces jsou dílce, které jsou vyrobeny s jinou tolerancí, než jaká je výkresová. Tuto příčinu mohou vyloučit, jelikož u testovacích sérií byli rozměry jednotlivých dílů u všech kusů 100 % zkontrolovány a všechny odpovídaly požadovaným rozměrům. Proces by ovšem mohl být ohrožen, pokud by pájecí mezery byly překročeny. V takovém případě, musí být proces přerušen, dílce musí být vytríděny a ty, které jsou mimo rozměrovou toleranci musí být vyřazeny.

- **Příčina – Pájení v peci**

Operace pájení má 6 subpříčin – pájka, rychlost pásu, ochranná atmosféra, teplotní parametry, vzdálenost mezi dílci a čas.

Pájka – v případě, že je použita nevhodná pájka (tj. o jiném složení, než je předepsaná), nemusí dojít k zapájení dílce. I když příslušná pájka byla dodána s atestem, přesto byly dodány od 2 různých výrobců, proto jsem se rozhodl poslat pájku na ověření složení do Výzkumného ústavu zvaračského Bratislava. Složení odpovídalo údajům z atestu.

Rychlost pásu – mezi jeden z hlavních parametrů průběžné pece, patří rychlost dopravního pásu. Používaná rychlost byla 0,43 m/min. Vzhledem k tomu, že při rozdílné velikosti neshod v produkci byla rychlost pásu vždy stejná, mohu proto vyloučit, že by se rychlost pásu negativně podílela na procesu.

Ochranná atmosféra – při pájení výměníků má ochranná atmosféra složení 3 % vodíku + 97 % dusíku. Maximální nastavení, jaké je z bezpečnostního hlediska možno provést, je 4 % vodíku + 96 % dusíku. U ochranné atmosféry mohu také nastavit množství průtoku, které bývá běžně 70 m³. Pro testování zlepšení pájecích podmínek jsme zvedli průtok na 90 m³. Ani změna složení, ani velikost průtoku neměly vliv na velikost neshod výroby – tuto příčinu tedy můžu vyloučit, pokud předepsané složení 3 % vodíku + 97 % dusíku a průtok 70 m³ bude dodrženo.

Teplotní parametry - v peci jsou 4 zóny, kde nastavujeme teplotu pájení. Nastavené teploty v jednotlivých zónách se nastavily následovně:

Zóna 1 – 870 °C

Zóna 2 – 850 °C

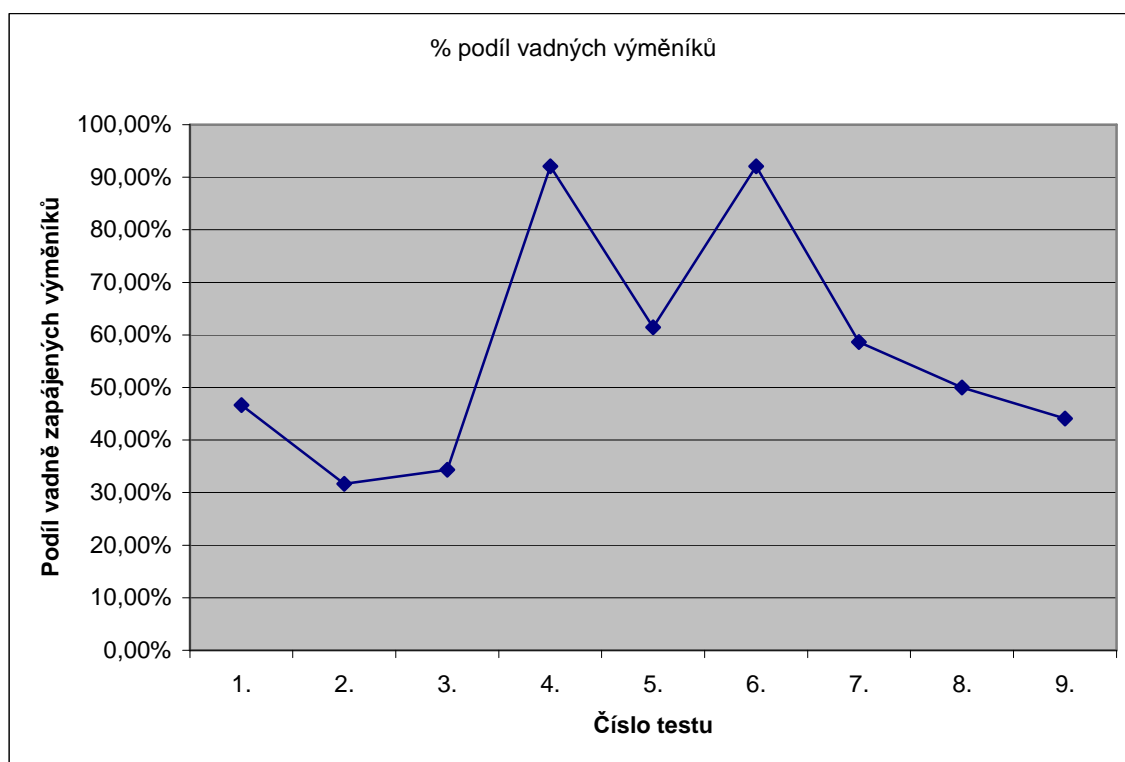
Zóna 3 – 840 °C

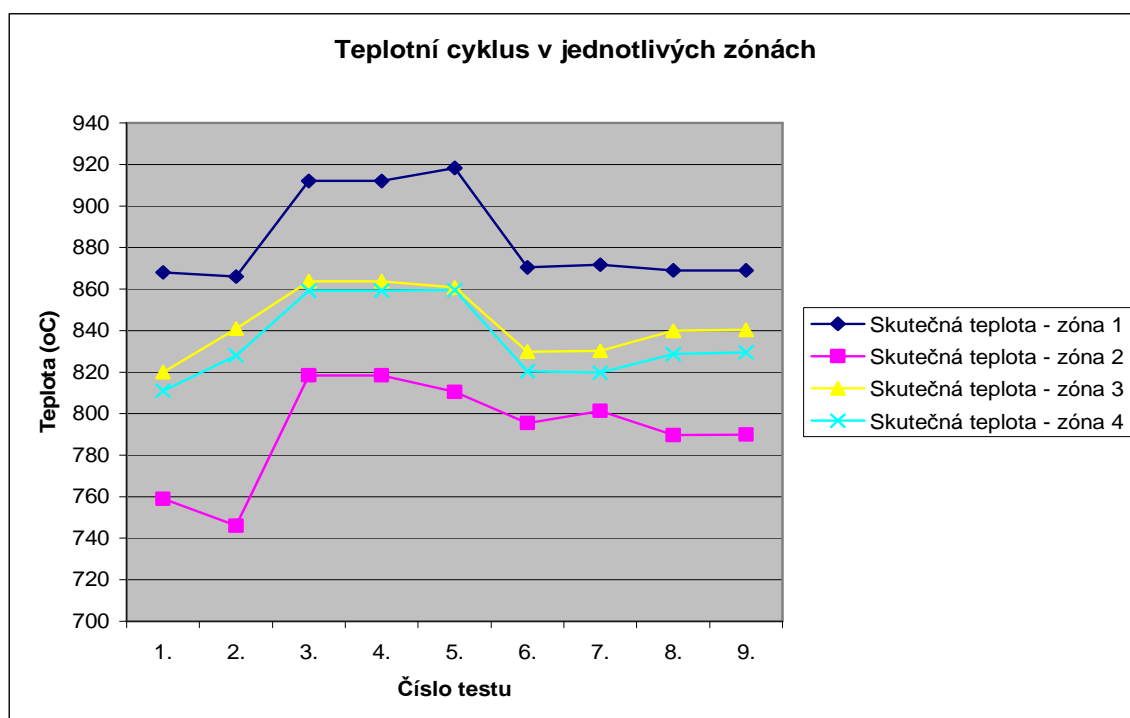
Zóna 4 – 830 °C

Teploty v jednotlivých zónách byly již dříve nastaveny. Změny teplot v jednotlivých zónách neměly vliv na snížení počtu neshod produkce zapájených výměníků (viz. tabulka 4.2, graf 4.3 a graf 4.4)). Výše uvedené hodnoty přesto vykazovaly nejlepší výsledek

Tabulka 4.2 - Analýza dat-pájecí pec

Číslo testu	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Dobré kusy	16	41	172	6	59	5	72	51	57
Neshodné kusy	14	19	90	70	94	58	102	51	45
Celkem	30	60	262	76	153	63	174	102	102
% neshodných ks	46,67%	31,67%	34,35%	92,11%	61,44%	92,06%	58,62%	50,00%	44,12%
Skutečná teplota - zóna 1 (°C)	868	866	912	912	918,3	870,5	871,7	869	869
Skutečná teplota - zóna 2 (°C)	759	746	818,4	818,5	810,4	795,5	801,3	789,6	790
Skutečná teplota - zóna 3 (°C)	820	841	863,7	863,7	860,8	829,9	830,2	840	840,4
Skutečná teplota - zóna 4 (°C)	811	828	859,2	859,2	859,5	820,4	819,7	828,7	829,5

**Graf 4.3** - Procentní podíl vadně zapájených výměníků



Graf 4.4 - Teplotní cyklus v jednotlivých zónách

Vzdálenost mezi dílci – vzdálenost mezi dílci se volí na základě velikosti a hmotnosti dílce a na základě zkušeností s pájením těchto dílců. Pro výměníky PO 10 byly nastaveny na 400 mm, pro výměníky PO 13 a PK 20 na 500 mm a na výměníky PO 16 a PK 25 na 600 mm. Operátor provádějící vkládání na dopravníkový pás pece musí tyto vzdálenosti dodržovat. V případě menších vzdáleností je u výměníků nedostatečně zateklá pájka, u větších vzdáleností může dojít k přepalování.

Čas – stejně jako mezi předchozími operacemi, i mezi operací sestavení a pájení, je nutné dodržet časový interval. Přestože operace sestavení a pájení se provádí ihned po sobě, stejně jako u předchozího případu nemusí být zpracovány všechny vyrobené kusy v daný den. Proto musí být dodrženo navržené pravidlo – vše, co je zpracováno v operaci sestavení, musí být předáno a zpracováno na pájení ve stejný den.

4.1.2 Kontrolní plán

Kontrolní plán (**příloha č. 3**) slouží ke kontrole dodržování daného procesu. Je rozdělen na 4 části. Jsou to:

- kontrolovaný objekt,
- měření,
- vyhodnocení,
- doporučené akce.

Kontrolovaný objekt se skládá ze tří položek-operace/proces, proměnná a vyhovující podmínky. Operace/proces nám udává název operace z procesní mapy. Položka proměnná je charakteristikou produktu nebo je to procesní parametr. Položka vyhovující podmínky používá specifikaci, pokud je definována. Pokud není žádná specifikace, používá požadované podmínky, které se definují řešitelem problému. Část měření se skládá z techniky měření a velikosti vzorku a měření. Technika měření popisuje, jak je proměnná měřena, včetně reference na měřící proceduru, pokud existuje. Velikost vzorku a četnost měření popisuje velikost vzorku, který se měří a jeho četnost.

Vyhodnocení využívá 3 položek. První položka je metoda řízení / kontroly. Ta popisuje metodu, jak je proměnná řízena, např. chybám vzdorná opatření, proškolení, regulační diagramy atd. Signál o překročení požadovaného stavu je signálem, kdy začneme provádět nápravná opatření k opětovné stabilizaci procesu, je to v podstatě signál o nestabilitě procesu. Odpovědnost za interpretaci měření popisuje funkci, kdo je zodpovědný za správnou interpretaci naměřených hodnot.

A konečně poslední částí jsou doporučené akce. Doporučená akce pro znovuzískání kontroly nad procesem jsou akce, které je potřeba provést při výskytu signálu. Dále také určuje, jak se bude postupovat při určení příčiny. Odpovědnost za akce stanoví, kdo je zodpovědný za vyhodnocení výsledků a definování průběhu akcí.

4.1.3 Formulář pro sběr informací

Pro systematické shromažďování dat v oblasti pájení výměníků, jsem použil jeden z nástrojů řízení kvality – formulář pro sběr informací. U výměníků je několik pájených spojů:

- mezi lamelovými trubkami a koleny,
- mezi lamelovou trubicí a propojkou,
- mezi lamelovou trubicí a vývodem.

Tento formulář jsem zavedl proto, abych viděl, jak jsou rozloženy vady pájených spojů mezi jednotlivé spoje. Jelikož mezi datem pájení a datem tlakové zkoušky pájených spojů může být několikadenní rozdíl, rozhodl jsem se pro větší přehlednost v zapisovaných datech uvést i datum provedení obou těchto operací u výrobní dávky.

Tabulka 4.3 - Formulář pro sběr informací

Typ výměníku:						
		Vady pájených spojů [ks]				
Datum pájení výrobní dávky	Datum tlakové zkoušky	Spoj koleno-lamel. trubka	Spoj vývod-lamel. trubka	Spoj propojka-lamel. trubka	Množství v dávce [ks]	Podíl vadných ks [%]

4.2 Nápravné opatření pro deformace výměníků

Druhou vadou po nezapájení výměníku je, dle **tabulky 3.4**, deformace výměníku. Deformace výměníků vznikají nevhodnou manipulací a nepozorností operátorů. I když platí obecná pravidla, že při manipulaci a skladování dílů a výrobků nesmí dojít k jejich poškození, předpis, jak přesně postupovat, neexistoval. Proto, jako nápravné opatření, které by mělo vést ke snížení velikosti neshod ve výrobě, byl vydán předpis U08.03 (**Příloha č. 4**).

4.3 Nápravné opatření pro výrobu kolena - slabší tloušťka trubky

Tato neshoda se vyskytla v jednom případě. Vzhledem k velikosti výrobní dávky, bylo vyrobeno velké množství kusů. V tomto případě se jednalo o porušení pracovní kázně několika pracovníků (pracovník skladu vydal nesprávný materiál, operátor si nekontroloval orientačně tloušťku stěny trubky apod.). Zároveň se ale jednalo i o porušení systémové. Jako nápravné opatření bylo provedeno proškolení všech pracovníků, kteří se na neshodě podíleli. Do technologického postupu byla vložena poznámka o orientačním měření tloušťky trubky. Zároveň byla vložena kontrolní operace, jelikož samokontrola operátorů v tomto případě selhala.

4.4 Nápravné opatření pro deformace kolen

Deformace kolen, je způsobena nevhodnou manipulací a nepozorností operátorů. Proto je nápravné opatření, stejné jako u deformací výměníků – vydání předpisu U08.03 (Příloha č. 4).

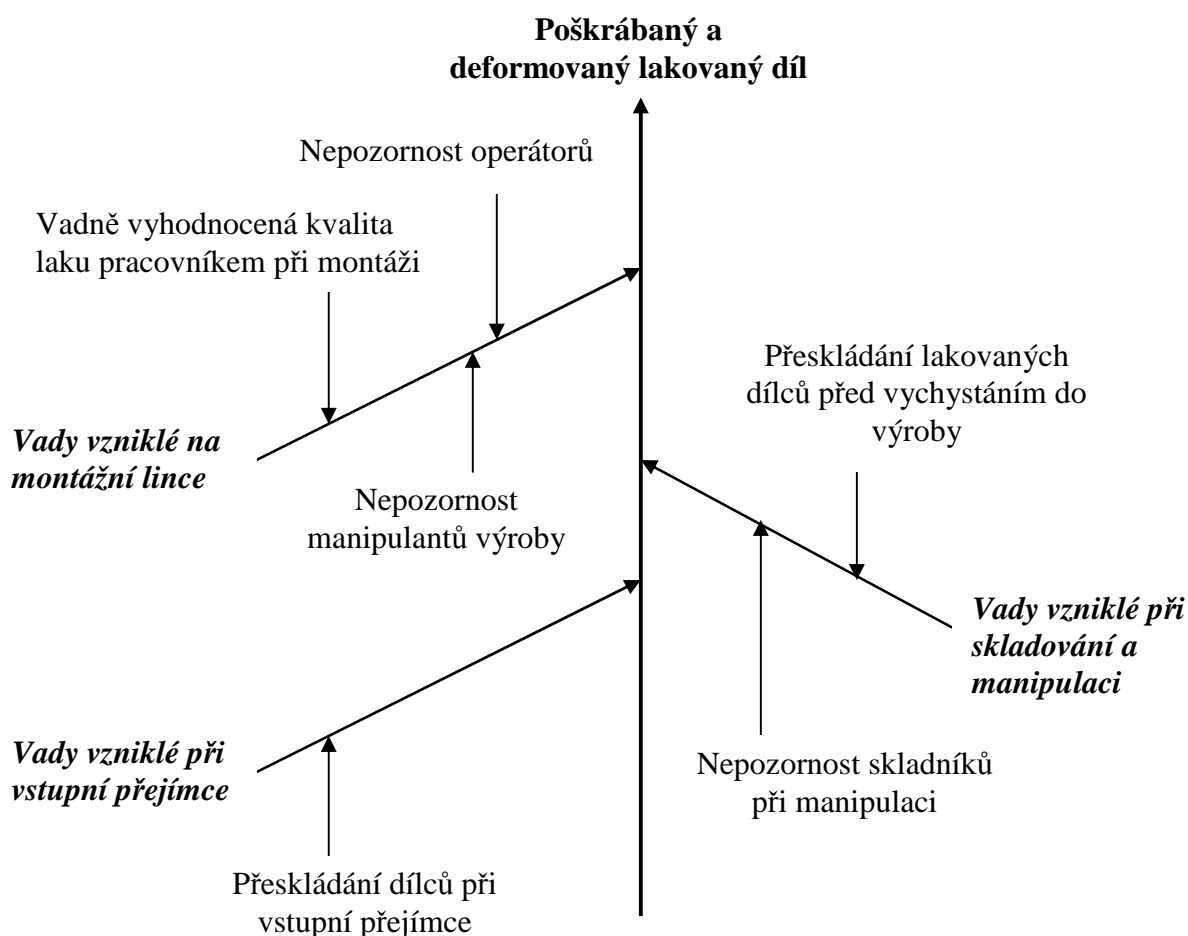
5 Řešení nápravných opatření na výrobní jednotce „Montáž“

Na výrobní jednotce „Montáž“ se budu navrhovat nápravná opatřeními pro neshody u lakovaných dílců a pro vady u armatury mertik..

5.1 Nápravné opatření pro neshody u lakovaných dílců

Jak bylo uvedeno v **tabulce 3.6**, lakovaný dílec může být poškrábaný, nebo deformovaný. Protože obě tato vady vznikají stejnými příčinami, budu tyto neshody řešit společně.

Na rozdíl od digramu příčin a následků pro proces pájení výměníků (kapitola 4.1.2), jsem u diagramu příčin a následků pro lakované dílce (**obr. 5.1**), použil za subpříčiny situace, za kterých může vada laku, případně deformace dílce, vzniknout.



Obr. 5.1 - Diagram příčin a následků pro lakované dílce

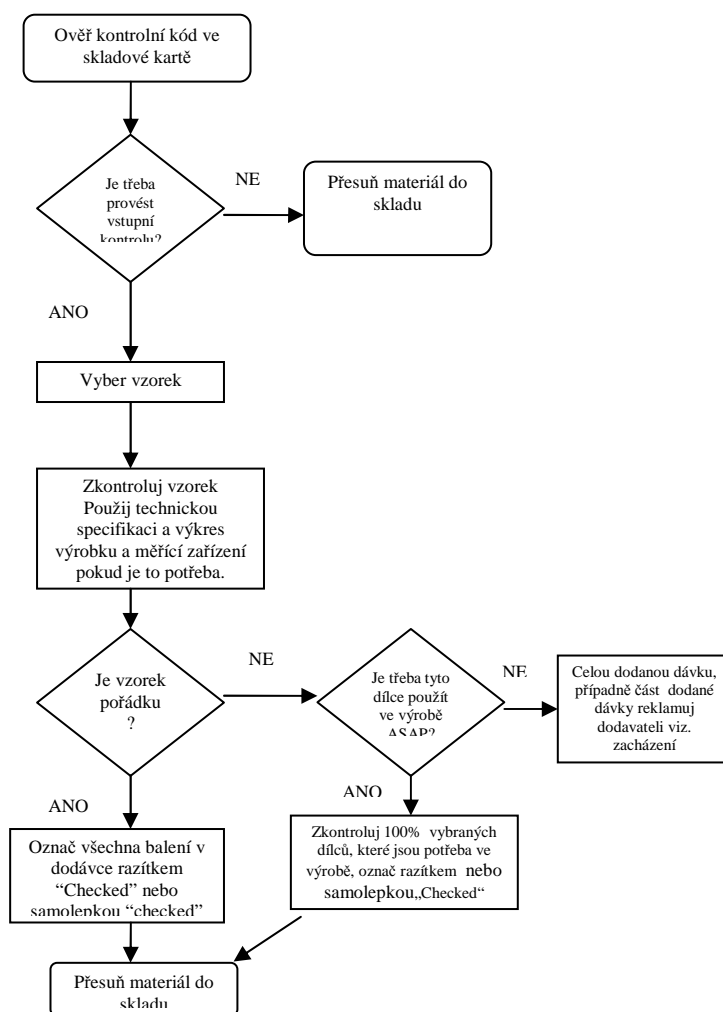
- **Příčina – Vady vzniklé při vstupní přejímce**

U této příčiny je pouze jedna subpříčina – přeskládání dílců při vstupní přejímce.

Přeskládání dílců při vstupní přejímce – Při vstupní přejímce se originálně zabalené lakované dílce vybalují a kontroluje se kvalita laku. Po kontrole se dílce dají zpět do palety, bohužel při zpětném vrácení dílců může dojít k dotyku dílů mezi sebou, případně nejsou díly dostatečně zajištěny proti pohybu a mohou při další manipulaci o sebe třít a lak se může poškodit.

Jako nápravné opatření byl vypracován „Vývojový diagram vstupní kontroly“ (**obr. 5.2**), který přiřazuje každému dílci na vstupní kontrole kontrolní kód, který určuje frekvenci kontrolních dávek a velikost určuje vzorku pro jednotlivé výrobky. Tento vývojový diagram také popisuje, co dělat v případě zjištění neshody na vstupní kontrole.

Druhým nápravným opatřením bylo zajištění atestu kvality od dodavatele u každé dávky. Úkolem těchto dvou opatření je zajistit minimalizaci vstupní kontroly pro dílce, které mohou být manipulací poškozeny.



Obr. 5.2 – Vývojový diagram vstupní kontroly

- **Příčina – vady vzniklé při skladování a manipulaci**

Tato příčina má dvě subpříčiny – přeskládání lakovaných dílců před vychystáním do výroby a nepozornost skladníků při manipulaci.

Přeskládání lakovaných dílců před vychystáním do výroby – na základě plánu výroby, byl ve skladu příjmu vychystány do výroby pouze počet kusů, který výroba požadovala. Stejně jako u vstupní přejímky, i v tomto případě může dojít k poškození laku. Jako nápravné opatření jsem navrhnul, aby byla do výroby nachystána celá paleta a nedocházelo tak ke zbytečné manipulaci. Operátor by si vždy vzal lakovaný dílec originálně zabalený

díky unifikaci zpracovaly na další směně, případně originálně zabalené by byly vráceny do skladu.

Nepozornost skladníků při manipulaci – za touto subpříčinou se skrývá nepozornost a nedbalost pracovníků skladu při manipulaci s materiálem ať již ze vstupní přejímky na sklad příjmu, nebo v případě vyskladnění, ze skladu příjmu do výroby. Výsledkem nepozornosti pracovníků jsou deformované dílce. Jako nápravné opatření jsem navrhnul proškolení všech pracovníků skladu.

- **Příčina – vady vzniklé na montážní lince**

Na montážní lince máme 3 subpříčiny – nepozornost manipulantů výroby, vadně vyhodnocená kvalita laku pracovníkem při montáži a nepozornost operátorů na montáži.

Nepozornost manipulantů výroby – tato subpříčina je stejné povahy, jako v případě nepozornosti skladníků při manipulaci. Pracovník skladu naveze dílce do výroby do určených sektorů, odkud je na jednotlivá pracoviště podle momentální produkce, manipulant dopraví na jednotlivá pracoviště. Při přepravě dochází k deformacím dílců. Nápravné opatření je stejné jako u pracovníků skladu – proškolení pracovníků z dodržování základních manipulačních principů.

Vadně vyhodnocená kvalita laku pracovníkem při montáži – při montáži lakovaného dílce na sestavu kotle má pracovník povinnost zkontrolovat kvalitu laku lakovaných dílců. V některých případech pracovník vadně vyhodnotí vadu (zašpiněný dílec vyhodnotí jako odřený apod.). Vadné dílce se přemístí do červené zóny pro neshodné výrobky. Při větším množství kusů se tyto dílce navzájem dotýkají a může dojít k poškození laku. Kořenovou příčinou je nedostatečné proškolení operátorů, kteří se v některých mezních případech nemusí rozhodnout správně.

Jako nápravné opatření jsem navrhnul vypracování předpisu U08.04 (příloha č. 5). Tento předpis popisuje, kdy jsou které vady povoleny, rozděluje dílce na pohledové, tj. ty, které jsou viditelné po smontování výrobku a nepohledové, které jsou po smontování

zakryté. Kromě tohoto předpisu byly na montáži umístěny lakované vzorky, které popisují vady laku.

Nepozornost operátorů na montáži – i v tomto případě hraje roli selhání lidského činitele. Lakovaný dílec je namontován na sestavě kotle, je postupně přemísťován po výrobním páse na další operace a operátor v důsledku nepozornosti dílec poškodí. Jako opravné opatření jsem navrhnul důslednější proškolení operátorů při zacházení s výrobky.

5.2 Nápravné opatření pro armaturu mertik

Jak jsem popsal v kapitole 3.2.2, je armatura mertik z plastu. Při nasouvání měděné trubky s o-kroužkem dochází vlivem montážních rozměrových tolerancí k prasknutí armatury. Proto jsem se rozhodl jako nápravné opatření použít místo trubky hadici s navařenou koncovkou na o-kroužek. Hadice případné vůle eliminuje a jde tak na armaturu nasadit, aniž by ji poškodila.

6 Ověření vhodnosti nápravných opatření

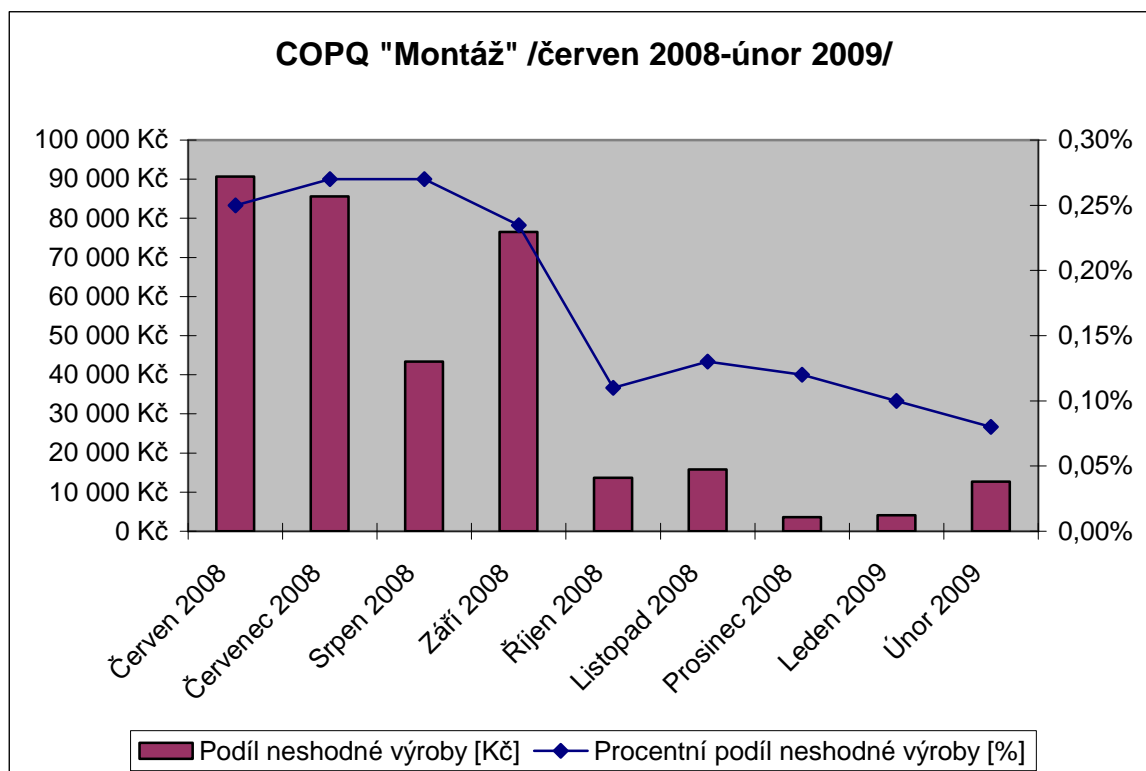
V předchozí kapitole byly procesy zmapovány a pro jednotlivé kritické vstupy a operace byly navrženy nápravné opatření. Dalším krokem, který po předchozích následuje, je ověření vhodnosti přijatých nápravných opatření. Ověření, zda-li je výrobní proces ovlivňován pouze náhodnými vlivy, nebo i vlivy vymezitelnými.

6.1 Velikost počtu neshodné výroby po přijetí nápravných opatření

Nápravná opatření jsem začal realizovat v průběhu měsíce září. Pro porovnání výsledků původního stavu a nového stavu jsem opět použil údaje OŘJ. Velikost počtu neshodné výroby po zavedení nápravných opatření na obou výrobních jednotkách klesla (viz. **tabulka 6.1**)

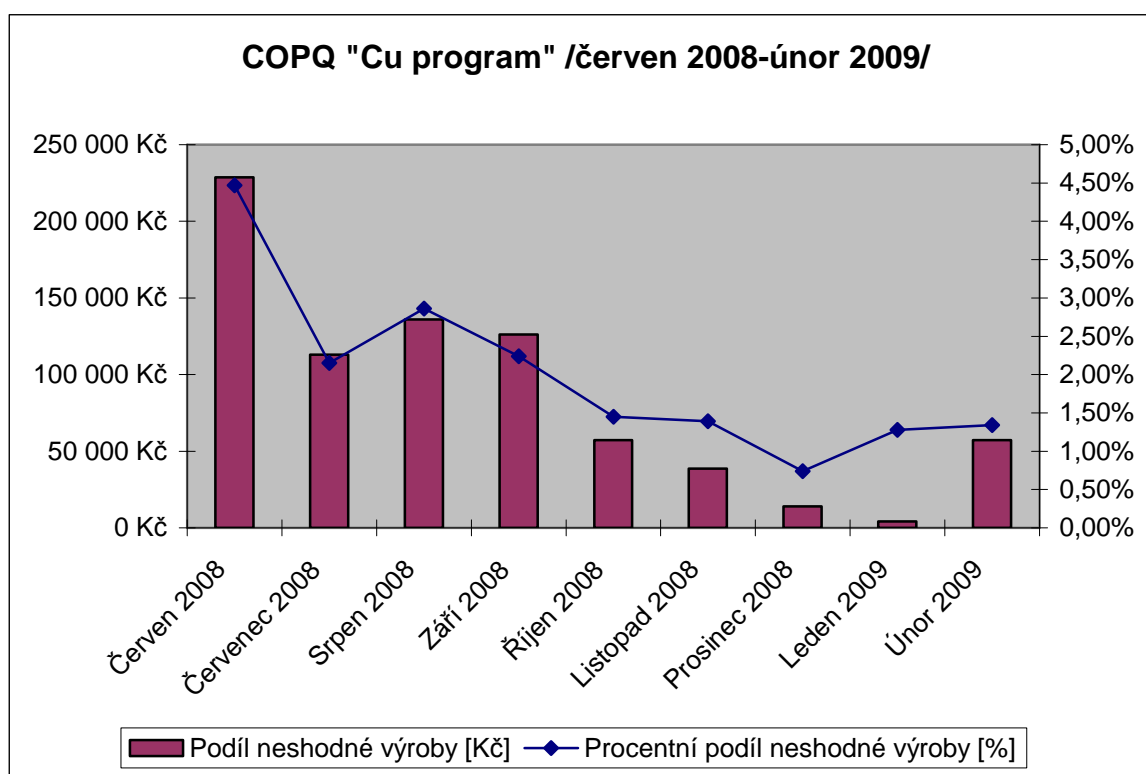
Tabulka 6.1 - Velikost neshodné výroby říjen 2008-únor 2009

Výrobní jednotka	Velikost podílu neshodné výroby [Kč]	Velikost podílu neshodné výroby [%]	Měsíc
Montáž	13 640,-	0,11	Říjen 2008
Cu program	57 229,-	1,45	
Montáž	15 809,-	0,13	Listopad 2008
Cu program	38 715,-	1,39	
Montáž	3 636,-	0,12	Prosinec 2008
Cu program	14 000,-	0,74	
Montáž	4 128,-	0,10	Leden 2009
Cu program	4 189,-	1,28	
Montáž	12 671,-	0,08	Únor 2009
Cu program	57 228,-	1,34	



Graf 6.1 – COPQ „Montáž“ /červen 2008-únor 2009/

Zatímco na montáži (**graf 6.1**), se velikost procentního podílu neshodné výroby pohybovala před přijetím nápravných opatření od 0,25 % do 0,27 %, po zavedení nápravných opatření se velikost procentního podílu neshodné výroby dostala v měsíci únoru až na hodnotu 0,08 %, což je snížení na 1/3 původního stavu. Profil vyráběných výrobků byl od června 2008 do února 2009 stejný.



Graf 6.2 – COPQ „Cu program“ /červen 2008-únor 2009/

Ve výrobní jednotce Cu program (**graf. 6.2**), došlo stejně jako u montáže ke snížení velikosti podílu neshodných výrobků z původních 4,47 % na únorových 1,34 %. V prosinci 2008 klesla velikost procentního podílu neshodné výroby až na 0,74 %.

6.2 Regulační diagram po přijetí nápravných opatření

Přesto, že velikost podílu neshodné výroby na výrobní jednotce „Cu program“ klesla výrazným způsobem, rozhodl jsem se ještě proces pájení výměníků, který mi nejvíce ovlivnil tuto výrobní část, podrobit testu způsobilosti procesu za použití regulačního diagramu. Stejně, jako u kapitoly 4.1.1, jsem použil p - regulační diagram. Jako vstupní hodnoty mi sloužili údaje za období říjen 2008 - únor 2009 (viz. **tabulka 6.2**)

Tabulka 6.2 – Počet neshodných výměníků v dávce po provedení nápravných opatření

Číslo podskupiny	n_j [ks]	x_j [ks]		Číslo podskupiny	n_j [ks]	x_j [ks]
1.	53	1		54.	10	0
2.	16	1		55.	22	2
3.	37	0		56.	42	0
4.	72	5		57.	39	2
5.	78	0		58.	11	0
6.	61	9		59.	33	2
7.	42	5		60.	31	2
8.	35	2		61.	101	7
9.	20	1		62.	40	3
10.	50	1		63.	62	6
11.	88	1		64.	34	1
12.	62	5		65.	40	3
13.	107	6		66.	109	1
14.	72	2		67.	60	4
15.	68	0		68.	37	1
16.	38	1		69.	62	9
17.	46	4		70.	33	1
18.	40	0		71.	146	21
19.	58	1		72.	62	9
20.	94	3		73.	36	2
21.	62	2		74.	150	22
22.	11	0		75.	40	3
23.	45	1		76.	64	9
24.	89	5		77.	72	10
25.	31	0		78.	25	1
26.	117	2		79.	62	6
27.	41	2		80.	60	8
28.	48	0		81.	62	2
29.	198	10		82.	60	3
30.	63	1		83.	62	6
31.	86	2		84.	122	9
32.	64	5		85.	120	9
33.	62	3		86.	60	6
34.	40	1		87.	54	1
35.	47	0		88.	55	2
36.	60	5		89.	26	2
37.	57	4		90.	26	1
38.	60	1		91.	62	2
39.	20	1		92.	62	2
40.	39	2		93.	62	5
41.	60	2		94.	62	6
42.	27	0		95.	62	9
43.	60	1		96.	124	13
44.	60	0		97.	114	6
45.	103	4		98.	69	6
46.	47	1		99.	41	1
47.	79	1		100.	28	0
48.	60	0		101.	56	3
49.	100	6		102.	22	0
50.	72	6		103.	20	0
51.	15	0		104.	54	3
52.	48	2		105.	74	9
53.	41	1		106.	70	5

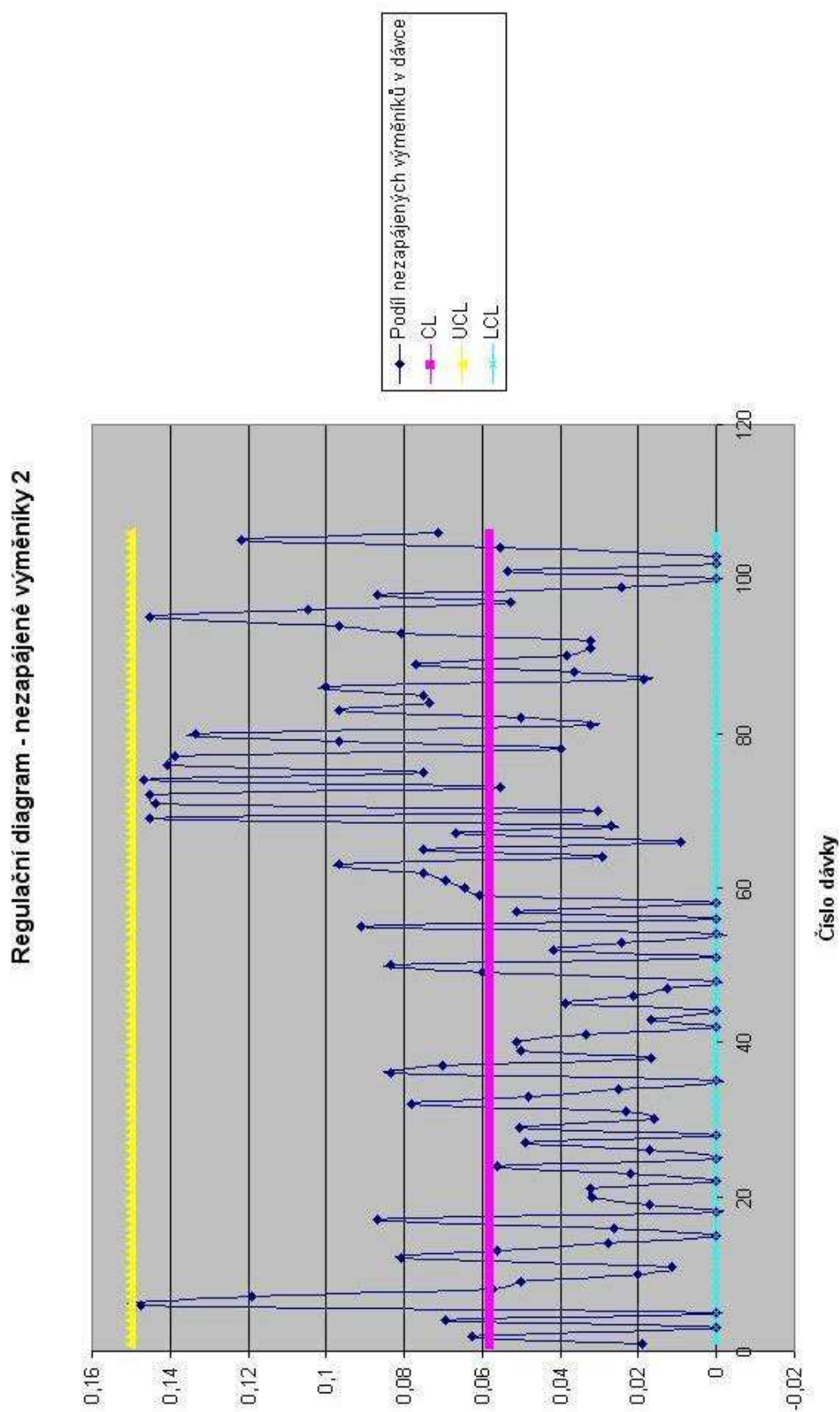
Výpočet parametrů pro sestavení regulačního diagramu (vztahy 4.1, 4.2, 4.3, 4.4):

$$CL = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^j x_j}{\sum_{i=1}^j n_j} = \underline{0,058}$$

$$\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^j n_j}{106} = \underline{59,06}$$

$$UCL = \bar{p} + 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p} \cdot (1 - \bar{p})}{\bar{n}}} = 0,058 + 3 \cdot \sqrt{\frac{0,058 \cdot (1 - 0,058)}{59,06}} = \underline{0,15}$$

$$LCL = \bar{p} - 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p} \cdot (1 - \bar{p})}{\bar{n}}} = 0,058 - 3 \cdot \sqrt{\frac{0,058 \cdot (1 - 0,058)}{59,06}} = \underline{-0,03 \Rightarrow 0}$$



Graf 6.3 - Regulační diagram – zapájení výměníků (říjen 2008- únor 2009)

Jak vyplývá z **grafu 6.3**, všechny získané hodnoty leží uvnitř regulačních mezí. Zároveň není v procesu přítomná periodičnost, stoupající nebo klesající trend. Na proces tedy působí pouze vlivy náhodného charakteru – proces je pod kontrolou.

6.3 Úspory po přijetí nápravných opatření

Pokud bych měl shrnout svoji práci a vyjádřit ekonomický přínos, byl původní průměrný procentní podíl COPQ na „Montáži“ 0,263 % a na výrobní jednotce „Cu program“ 3,16 %. Po zavedení nápravných opatření se snížil procentní průměrný podíl COPQ na „Montáži“ na 0,108 % a na „Cu programu“ na 1,23 %. Peněžní úspora tak činí celkem na obou výrobních jednotkách 321 647 Kč (viz. **tabulka 6.3**)

Tabulka 6.3 – Celková úspora za období říjen 2008-únor 2009

Výrobní jednotka	Celkové výrobní náklady na vyr. jednotce (říjen 08-únor 09) [Kč]	Hodnota COPQ podle původní báze [Kč]	Hodnota COPQ báze po aplikaci nápravných opatření [Kč]	Úspora [Kč]
Montáž	47 557 644,-	125 077,-	49 884,-	75 193,-
Cu program	13 222 035,-	417 816,-	171 362,-	246 454,-
Celkem	60 779 679,-	542 893,-	221 246,-	321 647,-

6.4 Závěrečné zhodnocení

Z praktického ověření vyplývá, že statistické metody kvality se projeví jako účinné. Použitím vybraných nástrojů výrazně klesla zmetkovitost produkce na obou výrobních jednotkách.

Mezi nápravná opatření patří především proškolení pracovníků s dodržování předpisů, technické dokumentace a obecně platných nařízení apod. Potvrdil se tak můj předpoklad, že vliv lidského činitele, vlivem vysoké fluktuace zaměstnanců, je významný. Zároveň byla přijata systémová nápravná opatření – vytvoření předpisů pro ty procesy, které byly nedostatečně popsány. U procesu pájení výměníků jsem navrhnul kontrolní plán, který popisuje, jak postupovat v případě, pokud by tento proces vykazoval zvýšení velikosti neshodné produkce

7 Závěr

Úkolem každé výrobní společnosti je vyrábět výrobky tak, aby hodnota velikosti neshodné produkce byla co nejmenší. V případě, že je interní velikost neshodné produkce příliš velká, hrozí nebezpečí, že přes všechny kontrolní operace a procesy, projde nevyhovující výrobek až k zákazníkovi. Částka, kterou musí v tomto případě podnik vydat na externí reklamaci tak mnohdy převyšuje náklady, které jsou vydány na snižování interních neshod a k aplikaci nápravných opatření. A nejen to - podnik může ztratit zákazníky, hrozí ztráta postavení podniku na trhu a tím pádem může následovat i likvidace společnosti.

Cílem mé diplomové práce bylo zmapovat výrobní proces v podniku, který vyrábí topnou techniku. Najít ty procesy, které nejvýznamněji negativně ovlivňují kvalitu produkce a použít k tomu takové statistické metody, které by vedly ke snížení velikosti počtu neshodné výroby.

Kapitola 1 představuje společnost MORA – TOP s.r.o., pro kterou je tato práce zpracována. Zároveň je v této kapitole definován cíl diplomové práce.

V kapitole 2 popisují 7 základních nástrojů kvality, které se využívají k posouzení stability procesu. Ve své práci jsem využil 5 nástrojů – vývojový diagram (podkapitola 5.1), regulační diagram (podkapitoly 4.1 a 6.2), Paretovu analýzu (podkapitoly 3.1 a 3.2) a diagram příčin a následků (podkapitoly 4.1.1 a 5.1) a formulář pro sběr informací (podkapitola 4.1)

V kapitole 3 analyzuji stav výrobních procesů na obou výrobních jednotkách. Pomocí Paretovy analýzy se zaměřuji na ty procesy, které mají největší podíl na velikosti neshodné produkce.

V kapitole 4 navrhuji nápravná opatření pro jednotlivé příčiny a subpříčiny na výrobní jednotce „Cu program“ pomocí diagramu příčin a následků. Zároveň jsem pro proces pájení výměníků, který je z pohledu velikosti COPQ nejvýznamnější, vytvořil regulační diagram, abych si ověřil hypotézu, že tento proces je nestabilní a sledoval jsem trendy

tohoto procesu. U kapitoly 5 navrhuji nápravná opatření pro příčiny a subpříčiny, tentokrát pro výrobní jednotku „Montáž“, opět s využitím diagramu příčin a následků.

Kapitola 6 ukazuje proces po přijetí nápravných opatření. Popisuje, jak se projevil vliv nápravných opatření na velikost podílu neshodné produkce. U této kapitoly jsem také sestrojil regulační diagram pro proces pájení výměníků, abych si ověřil, že na tento proces působí pouze vlivy náhodného charakteru.

Přesto, že se může zdát současná situace stabilní, do výrobního procesu vstupuje více vlivů, které se mohou časem projevit a zmetkovitost produkce by mohla opět zaznamenat stoupající trend. Proto nedílnou součástí musí být také pravidelné ověření přijatých kroků, aby se mohlo včas zasáhnout.

U nejkritičtější oblasti – pájení výměníků, je v rámci navržených NO, každodenní sledování velikosti počtu zmetkových kusů po pájení. K tomuto procesu byl vypracován kontrolní plán (**příloha č. 3**), který doporučuje opatření pro znovuzískání kontroly nad procesem. U ostatních procesů dochází k pravidelnému vyhodnocení zmetkovitosti 1 x měsíčně OŘK. V případě překročení předepsaných hodnot dojde k opětovnému využití statistických metod, které by mělo vést k odstranění nežádoucích vlivů.

Závěrem bych chtěl říci, vzhledem ke skutečnosti, že velikost podílu neshodné výroby po přijetí nápravných opatření klesla a celkové úspory za měsíc říjen 2008 až únor 2009 tvoří 321 647 Kč, myslím, že cíl, který jsem si na začátku zadání diplomové práce dal, byl splněn.

8 Seznam použitých pramenů

- [1] TOŠENOVSKÝ, J. NOSKIEVIČOVÁ, D. *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. 1. vydání. Ostrava: Montanex a. s., 2000. 360s. ISBN 80-7225-40-X.
- [2] VEBER, J. a kol. *Řízení jakosti a ochrana spotřebitele*. 2. vydání. Praha: Grada Publishing, a. s., 2007. 241s. ISBN 978-80-247-1782-1.
- [3] IVANOVÁ, K., JURÍČKOVÁ, L. *Písemné práce na vysokých školách*. 2.vydání. Olomouc: Univerzita Palackého, 2007. 100 s. ISBN 978-80-244-1832-2.
- [4] TICHÁ, Š. *Strojírenská metrologie - část 2. Základy řízení jakosti*. 1. vydání. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2006. 86 s. ISBN 80-248-1209-6.
- [5] ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, 1997. 36s.
- [6] ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32s.
- [7] HONEYWELL International Inc. *Six Sigma*. Phoenix: 2002. 592s.

9 Přílohy